中国古代历法常识六讲

第一讲 文史学习者要学点古代历法常识

古风是文史爱好者的论坛。来玩的朋友很多是大学历史系、中文系的同学和中学的历史、语文教师，都是有志于深入学习中国古代历史和文学的人，和爱好国学（以中国古代文献为主要研究对象的学问）的人。这些朋友除了要有比较深厚的理论基础和丰富的历史或文学知识之外，还必须具备一些与文史有关的专门知识。中国古代历法就是这种专门知识之一。为什么爱好文史的人必须学一点中国古代历法常识呢？

第一，是为了读懂中国古代的史书和文学典籍。例如《左传》僖公五年说："春王正月辛亥朔日南至"，文公六年说："闰以正时"，襄公二十八年说："岁在星纪"。这里的"朔"、"闰"、"日南至"、"岁"、"星纪"等是什么意思？又如《汉书·五行志》记载，西汉二百一十二年中共发生日食五十三次，其中发生在朔日的十四次，晦日三十六次，先晦一日三次。古代历法中的"朔"，是阴历每月初一日，即月亮运行到了太阳与地球中间，而这三个天体位于一条直线的那一天，所以日食按自然规律应发生在朔日，为什么两汉以日食竟然多数提前一天甚至两天发生？再如我们翻开《资冶通鉴》，它的第一卷下面就注明："起著雍摄提格，尽玄默困敦"，这些古板诘据的字眼是些什么东西？如果我们不具备一些古代历法常识，就根本无法看懂这些著名的文化典籍。

第二，是为了弄清历史事实。举例说，《尚书·牧誓》讲到："时甲子昧爽，王朝至于商郊牧野，乃誓。"这里说的是周武王伐纣的时间。这个关系到西周建国、商朝灭亡和我国编年史起点的日期，究竟是那一天？屈原的《离骚》说："摄提贞于孟陬兮，惟庚寅吾以降。"这是诗人自述的出生年月日，到底是那年那月那日？也只有懂得一些古代历法常识，才能弄清。

第三，是可以校正古代典籍中的讹错。古人记事，年月日都交待得很具体。但年代久远，辗转抄印，难免不发生差错。如《三国志·高贵乡公传》说，正元二年八月，辛未，遣邓艾出师抵抗蜀姜维的侵犯。戊辰，"复"遣太尉司马孚为邓艾的后继，以示声援。如果不懂历法，在这里就看不出问题。可是按历法，这年八月辛未是二十二日，戊辰是十九日。为什么后继部队先派出。出师反而在后呢？这里必定有错误。又如《资治通鉴》卷十二、汉高祖十一年三月，丙午，立皇子恢为梁王。如果没有历法知识，在这里也发现不了什么问题。但一查历表，这年三月的丙午日是第五十一日。一个月中怎么会有五十余天？这里也肯定有错。原来《通鉴》这件事抄自《史记》，据《史记·汉兴以来诸侯王年表》，丙午上有"二月"二字（殿本及以殿本为母本为各种版本作"三月"，"三"乃"二"之误），《通鉴》给抄漏了。二月丙午是二月二十日。

第四，是为了理解历史事件的因果关系。中国古代史书是根据古代历法来叙述历史事件和人物活动的，前后的历史事件之间有着必然的联系。如果不了解古代历法知识，就会搞不清历史现象的因果关系。如《史记·项羽本纪》和《秦楚之际月表》说，项梁起兵后，接受首先起义的陈胜的节制。秦二世二年四月，项梁"闻陈王定死"，于是召集各路将领到薛会议，

自立为武信君。可是我们读《史记·陈涉世家》，其中明明白白记载二世二年“腊月（十二月），陈王之汝阴，还至下城父，其御庄贾杀以降秦”。为什么项梁在四月就听到了陈胜已死的确信呢？这是因为秦的历法，以十月为一年的首月，九月为末月，秦二世二年十二月就是夏正元年的十二月，所以在二年四月之前。这样，因果关系就清楚了。

第二讲 什么是历法？古今历法的三大系统

什么是历法？历法研究的对象是什么？简单说来，历法是关于时间的计算方法的科学。比如今天是 2004 年 7 月 2 日，那位清末学者是光绪三十三年三月初九日出生的，唐朝从公元 618 年到 907 年共统治了 290 年等等，这些就是时间。这些时间的计算单位和数字是怎么来的？是从与人类关系最密切的三个天体——太阳、地球、月亮的运转周期的比例计算出来的。计算时间的三个基本单位，年指地球绕太阳公转一周，月指月亮绕地球公转一周，日指地球自转一周。这些本来是小学生都懂的常识，为什么说是一种专门学问？其实并不那么简单。准确地计算时间是一件十分复杂的事，复杂的原因在于太阳、地球、月亮这三个天体运转周期的比例都不是整数，谁对谁都无法除尽。我们通常说一年 12 个月，360 日，这只是一个概数。假如真的一个月是 30 整日，一年是 12 整月或 360 整日，那么历法就不成其为一门学问了。实际情况却是：地球绕太阳一周是地球自转一周的 365 倍多一点，相当于月亮绕地球一周的 12 次再加 11 日多一点；月亮绕地球一周是地球自转一周的 29 倍多一点。它们相互间的比例都有一个除不尽的尾数，这就需要进行很复杂的计算，使年、月、日的周期能够相互配合起来，并且都能用整数进位，便于人们计算、使用，这就是历法。所以又可以说历法是计算太阳、地球、月亮运转周期的比例的学问，是以这三个天体的运转比例为研究对象的。用不同的方法来计算这种比例关系，就是不同的历法。

古今中外有多少种历法，我们没有统计过。总之一个民族有一个民族的历法，一个时代有一个时代的历法。时代愈近，科学愈发达，测试手段愈先进，历法就愈科学。我们中国从古到今使用过的历法，就有一百多种。不过不管有多少种历法，都可以把它们分别归到以下三大系统中去：阳历、阴历、阴阳合历。这是因为计算时间，要么以地球绕太阳公转的周期为基础，要么以月亮绕地球公转的周期为基础，要么把两种周期加以调和。前者属于阳历系统，后者属于阴历系统，调和者则属于阴阳合历系统。

阳历，是以地球绕太阳公转的周期为计算的基础的，要求历法年同回归年（地球绕太阳公转一周）基本符合。它的要点是定一阳历年为 365 日，机械地分为 12 个月，每月 30 日或 31 日（近代的公历还有 29 或 28 日为一个月者，例如每年二月），这种“月”同月亮运转周期毫不相干。但是回归年的长度并不是 365 整日，而是 365.242199 日，即 365 日 5 时 48 分 46 秒余。阳历年 365 日，比回归年少了 0.242199 日。为了补足这个差数，所以历法规定每 4 年中有一年再另加 1 日，为 366 日，叫闰年，实际是闰一日。即使这样，同实际还有差距，因为 0.242199 日不等于 1/4 日，每 4 年闰 1 日又比回归年多出约 0.0078 日。这么小的数字，一年两年看不出什么问题，如果过了 100 年，就会比回归年多出约 19 个小时，400 多年出生近 75 个小时，相当于 3 个整日多一点，所以阳历历法又补充规定每 400 年从 100 个闰日中减去 3 个闰日。这样，400 阳历年闰 97 日，共得 146097 日，只比 400 回归年的总长度 146096.8796 日多 2 小时 53 分 22.5 秒，这就大体上符合了。这种历法的优点是地球上的季节固定，冬夏分明，便于人们安排生活，进行生产。缺点是历法月同月亮的运转规律毫无关系，月中之夜可以是天暗星明，两月之交又往往满月当空，对于沿海人民计算潮汐很不方便。我们今天使用的公历，就是这种阳历。

阴历，是以月亮绕地球公转的周期为计算的基础的，要求历法月同朔望月（月亮绕地球公转一周）基本符合。朔望月的长度是 29 日 12 小时 44 分 2.8 秒，即 29.530587 日，两个朔望月大约相当于地球自转 59 周，所以阴历规定每个月中一个大月 30 日，一个小月 29 日，12 个

月为一年，共 354 日。由于两个逆望月比一大一小两个阴历月约长 0.061 日（大约 88 分钟），一年要多出 8 个多小时，三年要多出 26 个多小时，即一日多一点。为了补足这个差距，所以规定每三年中有一年安排 7 个大月，5 个小月。这样，阴历每三年 19 个大月 17 个小月，共 1063 日，同 36 个朔望月的 1063.1008 日，只相差约 2 小时 25 分 9.1 秒了。阴历年同地球绕太阳公转毫无关系。由于它的一年只有 354 日或 355 日，比回归年短 11 日或 10 日多，所以阴历的新年，有时是冰天雪地的寒冬，有时是烈日炎炎的盛夏。今天一些阿拉伯国家用的回历，就是这种阴历。

阴阳合历，是调和太阳、地球、月亮的运转周期的历法。它既要求历法月同朔望月基本相符，又要求历法年同回归年基本相符，是一种综合阴、阳历优点，调合阴、阳历矛盾的历法，所以叫阴阳合历。我国古代的各种历法和今天使用的农历，都是这种阴阳合历。

第三讲 中国古代历法的基本内容

中国古代历法是一门很专门的学问，是古天文学的一个分支，内容十分丰富，涉及到天文、数学、物理等各个科学领域。学习中国古代文史的人，只学一点中国古代历法与文史有关的内容就可以了，不可能也无必要搞得很深。

（1）年、岁和岁实。

在中国古代历法和古代史书中，年和岁有不同的意思。年相当于我们今天的阴历年，一年 12 或 13 个月，354 或 384 日。岁相当于今天的阳历年，一年 12 个月，365 或 366 日。《尚书·尧典》说：“期三百有六旬有六日。”司马迁在《史记·五帝本纪》中改作“岁三百六十六日”，说明期就是一岁。年和岁都是历法术语，是时间的计算单位，是用整日、整月进位的，不等于回归年的长度。回归年的长度，在古代历法中叫“岁实”。不过由于测量技术的落后，当时各种历法所定的“岁实”都大于回归年的实际长度。历法一年或一岁都必须用整日、整月计算，使用时才方便，这就不可能同回归年的日数完全相符，所以历法只要求若干历法年的平均日数同回归年接近就行了。

（2）置闰法。

前面说过，中国古代的历法和今天的农历，都属于阴阳合历系统，即调合阴、阳历矛盾的历法。太阳、地球、月亮的运转周期本来就不能配合，阴阳合历又如何去调合呢？然而我国古代历法用十分巧妙的方法把二者调和得非常协调，这个方法就是置闰法。《尚书·尧典》说明：“以闰月定四时成岁”，《左传》文公六年说：“闰以正时”，就是说的置闰法。

中国古代历法的月，同朔望月基本符合，两个月一大一小共 59 日，这一点与阴历完全相同。但如果完全按照阴历安排一年 12 个月，354 日，历法月虽然同朔望月基本符合，可是一年比回归年却少了 11 日多，三年就少了一个月多，过十六七年就会在三伏天里过新年，历法年同地球绕太阳公转的规律就乱套了。为了既使历法月同朔望月符合，又使历法年同回归年符合，就用置闰的方法来补足这每年 11 日多的差额。闰者多余也，就是到一定时候增加一个多余的月，不致使历法年同回归年完全脱节。置闰的方法，是逐步完善的。起初，例如商周时期，似乎只知道三年一闰，到战国时就已经知道十九年七闰的闰周了。19 年 7 闰，共 235 个朔望月。按中国古代大多数历法采用的“四分历”的岁实和朔策（朔望月的长度），19 回归年同 235 朔望月是相等的，它们的关系是：

$$19\times365.25=235\times499/940=6939.7529$$

也就是说，阳历的 19 年等于阴历的 19 年，阴阳历就完全调和起来了。

19 回归年同 235 朔望月的日数完全相等，那就说明，任何节气，经过 19 年又必然回到同一天去。假如今年正月朔日朔旦立春，过 19 年后也一定是正月朔日立春，只是合朔和交节的时刻相差了 0.25 日，必须经过 4 个 19 年（76 年），合朔和交节的时刻才能又回到原来的一点（朔旦）上。因此中国古代历法把 19 年叫做一章，4 章 76 年叫做节。

十九年七闰的闰周，同今天测用现代仪器实例的长度也基本符合。如 19 回归年总长 6939.6018 日，235 朔望月总长 6939.6879 日，二者相差 2 小时 4 分 16.3 秒了。

闰月放在一年中的什么时候？西汉中叶以前都放在年末，如殷周叫“十三月”，秦和西汉初叫“后九月”。从汉武帝施用太初历开始，就规定闰无中气之月。此法一直沿用到今天。

十九年七闰法是我国古代历法的主要特点之一。

（3）分至和气

分至就是二分二至，即冬至、春分、夏至、秋分，以此将一回归年的长度划为四等分。这也是我国古代历法的主要特点和关键内容，属于阳历系统。一年之中分至定气准了，历法就比较准确了，而分至中的关键又在于定冬至点。定冬至点的办法比较复杂，要进行天文学上的测试，不是三言两语说得清楚的。在我国古代，定冬至点的办法也有一个发展过程。起初，人们大概是以冬天日影最长的一点为冬至点，到我国战国时天文学发展了，就改用日月相会于某一星座为冬至点了。冬至点是一回归年的起点，地球绕太阳一周再回到冬至点的长度，就是一回归年。这个长度的中分处就是夏至点，二分则在二至的中点，一定是昼夜平分的那一天。

气是包括分至在内在二十四个历法术语，用它们把一回归年划为二十四等分。下面是二十四气表：

22 冬至 23 小寒 24 大寒 1 立春
2 雨水 3 惊蛰 4 春分 5 清明
6 谷雨 7 立夏 8 小满 9 芒种
10 夏至 11 小暑 12 大暑 13 立秋
14 处暑 15 白露 16 秋分 17 寒露
18 霜降 19 立冬 20 小雪 21 大雪

这些名称表示了一岁之中我国黄河流域气候、农事与自然现象的变化，如惊蛰意味蛇虫冬眠已醒，芒种说明种子破胎而出，霜降表示开始打霜等等。一回归年分为二十四气，两气间的长度为十五日多。气是阳历，同地球绕太阳公转一致，每年所在的位置是不变的。二十四气又分为节气、中气两类，以上凡奇数者为节气，偶数者为中气。今天人们习惯上把中气也称为节气，叫二十四节气。气的安排也是逐步完备的。春秋时大概还只知道安排二分二至，战国时则增加了四立：立春、立夏、立秋、立冬，到西汉时二十四节气变很完整了，这见于《淮南子·天文训》。

（4）四时

我国古代历法把一历法年分为四时，现在叫四季，每季三个月，有闰之季四个月。正二、三月为春，四、五、六月为夏，七、八、九月为秋，十、十一、十二月为冬。每时三个月又可称为孟、仲、季月，这样每个月都可以用时名叫出，如孟春是正月，仲夏是五月，季秋是九月等。时是跟历法月走的，同天体运转规律没有直接关系。我国古代史书中凡提到月份时总是冠以时名，所以读古书时必须了解这一点。

（5）干支和太岁

学习古代历法和阅读古代史书，时刻同干支打交道。什么是干支？是十天干和十二地枝的简称、简写。这是二十二个中国特有的符号，开始用于人名，后来主要用在历法上。十干是甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸，十二支是子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、

酉、戌、亥。十干十二支相互交错组合，成为六十个复合符号，就是我们今天说的六十花甲或六十甲子。

60 甲子表如下：
1 甲子 2 乙丑 3 丙寅 4 丁卯 5 戊辰
6 己巳 7 庚午 8 辛未 9 壬申 10 癸酉
11 甲戌 12 乙亥 13 丙子 14 丁丑 15 戊寅
16 己卯 17 庚辰 18 辛巳 19 壬午 20 癸酉
21 甲申 22 乙酉 23 丙戌 24 丁亥 25 戊子
26 己丑 27 庚寅 28 辛卯 29 壬辰 30 癸巳
31 甲午 32 乙未 33 丙申 34 丁酉 35 戊戌
36 己亥 37 庚子 38 辛丑 39 壬寅 40 癸卯
41 甲辰 42 乙巳 43 丙午 44 丁未 45 戊申
46 己酉 47 庚戌 48 辛亥 49 壬子 50 癸酉
51 甲寅 52 乙卯 53 丙辰 54 丁巳 55 戊午
56 己未 57 庚申 58 辛酉 59 壬戌 60 癸亥

要学点古代历法知识，十干十二支和六十甲子的口诀，应当按顺序背诵下来。因为古代历法的年、月、日，都是按六十甲子表周而复始地排下来的。古代史籍的纪年，序数与干支并用，如明嘉靖三十三年，又可以只称嘉靖甲寅；而纪日就只用干支，称某月甲子，某月戊午，或某月某日甲子，某月某日戊午，决不单叫某月几日。干支口诀不熟，学习古代历法就寸步难行。

岁星纪年和太岁纪年也是学习中国古代文史的人必须知道的。因为在阅读古代史书时会经常碰到它们。岁星纪年是从岁星（木星）的运行周期演化而来的。岁星绕太阳公转一周约十二年（实际是 11.86 年），因此古人把岁星运行的轨道黄道附近划分为十二次，又叫黄道十二宫（木星的行宫），各取一个名称。自左至右十二次的名称是：

星纪 玄枵 诹訾 降娄
大梁 实沈 鹑首 鹑火
鹑尾 寿星 大火 析木

木星每运行一次，大约相当于地球公转一周，以这些星次的名称来纪年，就是岁星纪年。如前而说到的“岁在星纪”是说丑年，“岁在降娄”是说戌年。

鉴于岁星运行方向同地球正相反，岁星纪年就用起来很不方便，于是人们把岁星运行的轨道自右至左划分为十二等分，叫十二辰，与十二支相应，亦各取一个名称。十二辰是：

摄提格 （寅） 单 阏（卯） 执 徐（辰） 大荒落（巳）
敦 牂 （午） 协 恰 （未） 涒 滩 （申） 作 噩 （酉）
淹 茂 （戌） 大渊献（亥） 困 敦 （子） 赤奋若（丑）
由于岁星并不是按十二辰的方向运行的，人们就设想有一个假岁星在十二辰的轨道上运行，每运行一辰就是一年，这个假岁星就叫“太岁”，用十二辰纪年，就叫太岁纪年。前面举到的《资冶通鉴》第一卷说“起著雍摄提格，尽玄黓困敦”，是说起于戊寅年，止于壬子年。

十二辰又称岁阴、相当于十二支。为了同岁阴相配合，人们又制造了十岁阳，相当于十干。岁阳是：

阏逢（甲） 旃蒙（乙） 柔兆（丙） 强圉（丁） 著雍（戊）

屠维（己） 上章（庚） 重光（辛） 玄黓（壬） 昭阳（癸）

这样，岁阴岁阳交错组合，就成了六十甲子的别名，如阏逢摄提格就是甲寅，昭阳作噩就是癸酉。岁阴、岁阳这些怪僻的名词是些什么意思，汉代的高诱、李巡就已经不甚了然了，初学历法也不必都记下来，碰到时查查对照表就行了。

（6）月建。

月建是人们把阴历的十二个月同上面说的黄道附近的十二辰联系起来而规定出来的。月建有夏、殷、周历的不同。按夏历，将北斗星的斗柄指向寅的叫正月，卯叫二月，……，丑叫十二月，就称正月建寅，二月建卯。殷历正月建丑，周历正月建子，以下各月依次类推。这就是月建。古代历法把正月建寅之历称为人正历（包括秦汉以后的各种历法和今天的农历），建丑之历为地正历，建子之历为天正历。月建不同的历法，具体月份的时间是不一样的。如建寅历的七月，在伏天的末尾，立秋、处暑之间，而建子历的七月，则还是百花盛开的初夏。《诗经》的《七月》篇说："七月流火，九月授衣。"有人根据它是周诗而定此七月的建子的周历。可是周历七月，正当初夏，"火"（指大火，即心宿）处于正南方位置最高的地方，并没有"流"，九月以后才逐渐偏西向下降行，"七月流火"说不过去。如果说《七月》是建寅的夏历，则同天象符合起来了。所以读先秦古籍，遇到月份，必须先弄清月建，才能确定具体时间。

（7）历元。

历元是一部历法推算、排列历表的起点。历法学家们往往要在历史上找到一个理想的时间，作为自己的历法的推算起点，然后依次往后排列年、月、日、时。我国古代的各种历法都以冬至为一岁之始，朔旦为一月之始，夜半为一日之始，所以，最理想的历元，是一年冬至的年、月、日、时都适逢甲子，至少也要求都逢"子"，从历元开始，年、月、日、时都按六十甲子表顺推，周而复始，循环往复，以至无穷，而又与天体运行吻合。但一年冬至的年、月、日、时都逢"子"的机会很少，都逢甲子的机会更是千年难遇，因此许多历法往往把历元定在几千几万年以前，例如颛顼历从历元到唐元二年已积年 2761019 年。

（8）岁差和赢缩

古人没有现代仪器，太阳、地球、月亮运行的周期完全靠目测，近代术语叫做太阳视运动。比如目测岁实的最简便的方法是以冬天日影最长的一点为起点，经过一个周期再回到这一点的长度，就是目测的岁实，又可叫做太阳年。太阳年不等于加归年。因为地球沿着轨道运动时，受到太阳和月亮引力的影响，地轴以每年约 50 角秒的速度向西移动，从今天的冬至点到明年的冬至点，太阳并没有回到原来的地方，而是西退了约 50.2"。这种现象叫做"岁差"。这是我国东晋时天文学家虞喜首先发现的。当人们发现岁差后，就知道了太阳视运动在变化之中，应当求出太阳年的平均长度，这才产生了回归年这个天文数据；同时也就懂得了为什么古代天文学家们测量的岁实老是一致不起来，不同时代的古书记载的恒星位置为什么不同等等。这对读懂古书很有帮助。

地球绕太阳公转一周的平均长度虽是 365.242199 日，但它冬夏运行的速度并不一样，冬天

转得快些，夏天转得慢些。例如现代仪器测验证明，公历 9 月 16 日正午到 17 日正午只有 23 时 59 分 39 秒，而 12 月 23 日正午到 24 日正午，却有 24 时 0 分 30 秒，快慢的相差达 51 秒。这种现象叫“赢缩”，快的时候叫赢，慢的时候叫缩。我国在战国时就已经发现了赢缩现象，北齐时天文学家张子信在海岛上一日不懈地观测了三十余年，确凿无误地加以证实。由于发现了赢缩规律，人们在制定历法，安排分至和其他 20 个节气时,就知道了不应以地球公转的时间长度来等分，而应以地球公转轨道的周长来等分，这就使历法愈来愈科学了。

（9）朔望几弦晦和时辰。

据古代历法，一月之中有几日分别叫做朔、上弦、望、下弦、晦。这是根据太阳、地球、月亮运行的不同角度而定的。初一日叫“朔”，取日月合朔后的第一日之义，即月亮居中三个天体成 180°；十五或十六日叫“望”，《释名・释天》说：“日在东，月在西，遥相望”，则是地球居中成 180°；初七或初八日为上弦，二十二或二十三日为下弦，是三个天体按不同的方向成 90°；三十或二十九日为晦，一个月的最后一天，取义于月光隐去。因此，日食必发生在朔日，月食必发生在望夜，否则就是历法不准了。

周以前的文献和金文中，往往以朔、望、上下弦把一个月分成四段：从朔到上弦叫“初吉”，从上弦到望叫“既生魄”（魄有时写为霸），从望到下弦叫“既望”，从下弦到晦叫“既死魄”。汉以后这种分法不用了，但学习中国古代史者亦应当了解。

古人把一日分为十二时，与一年的四时名同实异，每时相当于今二小时。时以十二支命名，故又称时辰。从夜半起到次日夜半止。依次称为子时、丑时，……，亥时。子时大约相当于今北京时间 23 点到 1 点，亥时相当 21 点到 23 点。另外，一日又可以分为 100 刻，每刻 15 分，每分 60 秒。这里的刻、分、秒比今天公历的刻、分、秒都稍小，不能混同。时刻分秒划分及其长短，都是人们为了计算时间的方便而规定的，同天体运行没有关系。

第四讲 中国古代的历法成就

我国古代历法的起源是很早的。有原始的农牧业就应该有原始的历法。早期的历法现在只留下片言只语的传说，难以深入考究。成文的历法从周末到汉初的《古四分历》开始，经过多次的历法改革，在改革和斗争中不断进步和完善，达到了相当高的科学水平，取得了一个又一个成就。我国古代的历法大都使用传统的阴阳历，但是所包含的内容却不仅仅是年月日时的安排，还包括日月五星位置的推算、日月食的预报、节气的安排等等。历法的改革，包括了新的理论的提出，精密天文数据的测定，计算方法的改进等等。我国古代的历法成就，在世界天文学史上占有相当重要的地位。下面只介绍几个主要方面。

一、对太阳视运动的研究

由于地球的自转轴并不和它的公转轨道平面垂直，黄道和赤道相交成二十三度半左右的夹角，这就使得同一地区太阳地平高度作规律性的变化，形成这一地区气候寒暖的更替。因此，对于太阳视运动的研究直接关系到历法的制定。研究太阳视运动的方法有两种：一种是测量中午时候日影的长度变化，来决定季节的变化和测定回归年的长度（古代称作“岁实”）。这种观测所使用的仪器是圭表。一种是测定太阳在恒星间的位置，研究太阳一年中运动的快慢变化和测定冬至点逐年变化的数值（古代称作“岁差”）。这种观测使用的仪器是浑仪等测角仪器。下面主要讲三项：

（1）冬至时刻的测定和回归年长度的推求

冬至、夏至在战国时期以前称作“日南至”、“日北至”，表明冬至是一年中日在南天最低位置的一天，日影最长，夏至是日在南天最高位置的一天，日影最短。由于冬至影长，夏至影短，冬至的测定结果比夏至要精确一些。

只有准确测得冬至的时刻，才能准确地预报季节；有了几次准确的冬至时刻，就能得到岁实的数值。因此，测定准确的冬至时刻是我国古代历法工作者的重要课题。保留下来的我国最早的冬至时刻的观测记录是在春秋时期的鲁僖公五年（公元前 655 年）和鲁昭公二十年（公元前 522 年）。

从理论上说，测得相邻两次冬至时刻，就能求得回归年的长度。但是，由于用土圭简单地观测日影的变化所定出的冬至日期并不很准确，可能有一二日的误差；另一方面，每次到达冬至的时刻并不正好在日中，简单地用土圭观测，并不能得到冬至发生在某一天中的确切时刻。古人为了弥补这一缺点，尽量利用相隔多年的冬至日的观测记录，以便减少观测误差给推求回归年长度带来的误差。

春秋时期末年（公元前五世纪），我国开始使用《古四分历》，它的岁实是 365.25 日，这是当时世界上所使用的最精密的数值。希腊的《伽利泼斯历》和我国的《古四分历》相当，但是要比我国晚大约一百多年。《古四分历》规定十九年中置七个闰月，就是十九个回归年正好有 235 个朔望月，那么一个朔望月等于 29.53085 日，也比较精密。《古四分历》的创制是一项具有世界意义的伟大贡献。

随着社会的进步和科学的发展，人们对于历法提出了越来越精密的要求。《古四分历》使用了一个时期以后，人们就发现历法所推的气朔逐渐落后于实际天象。为了避免这一现象，必须改用新的历法，来纠正这一误差。西汉《太初历》和东汉《四分历》就是通过改元的办法来纠正误差的。但是，人们逐渐懂得，不断改元并不能从根本上解决问题。东汉末的刘洪认识到误差的产生是由于《四分历》的岁实太大，他第一次减小了岁实，这样就提高了历法的精度。

要进一步提高历法的精度，必须从冬至时刻的测量方法上改进。西汉以后，人们就已经习惯使用八尺高表来测定冬至的日期。但是，用八尺高表简单地进行测量，并不能得到理想的结果。于是人们曾想过好多改进的方法。南北朝时期的祖冲之（429—500），首先从观测技术的改进上达到了提高观测精度的目的。由于冬至前后的影长变化不太明显，这给冬至时刻的准确测定带来困难，更重要的是简单的测量只能得到冬至发生的日期，而不能得到一天中什么时刻是冬至。祖冲之想出一个新的方法，他不直接观测冬至那天日影的长度，而是观测冬至前后二十三四日的日影长度，再取它们的平均值，求出冬至发生的日期和时刻；又由于离开冬至日远些，日影的变化就快些，所以这一方法提高了冬至时刻的测定精度。祖冲之制定的《大明历》的岁实取 365.2428 日，这在当时来说是很精密的，只有到了南宋以后的几个历法，才能达到或超过他的水平。宋代《明天历》以后的历法，采用更多的观测点，并加大了两个冬至时刻年代的间隔，这样就减小了所求回归年数值的误差，才更加提高了精度。
元代的郭守敬，是数学、天文、仪器制造等方面都有重要贡献的科学家，他不但继承了前人观测日影的方法，而且创造了一个叫做“景符”的仪器，用来解决日影边界模糊不清的问题。景符的原理是，使照射在圭表上的日光首先通过一个小孔，再射到圭面，形成一个米粒大小的光点，它的边缘就很清楚，可以量取比较准确的影长。按理说，加长表高就能使日影变化更显著，但是表高增加以后，边界模糊不清就更严重，实际上达不到提高精度的目的。解决了日影边缘的清晰问题，就可以加大表高来增加测量冬至时刻的精度。现存的河南登封测景台，就是郭守敬所造的巨大的砖石结构的圭表。表高四丈，是传统高度的五倍。南宋的杨忠辅对历史上的观测数据进行了认真的分析研究，在他于宋宁宗庆元五年（公元 1199 年）制定的《统天历》中首先使用了 365.2425 日的精密的岁实数值。郭守敬根据自己多次精密测定的冬至时刻的结果，并且利用历史上从祖冲之《大明历》以来的六次冬至时刻的观测资料，证实了 365.2425 日是我国历史上所使用的最精密的数值。这个数值的使用，在世界历法史上是最早的。欧洲的著名历法《格里历》也是采用这个数值，但是要比《统天历》大约晚四百年。明末的邢云路又把表高加大到六丈，测得岁实 365.242190 日，比用现代理论推算的当时数值只小 0.00027 日，精密程度超出了当时欧洲天文学的水平。

（2）冬至点和岁差的测定

冬至点就是指冬至时太阳在恒星间的位置，这种位置现代都以赤经、赤纬来表示。我国古代是以距离二十八宿距星的赤经差（称作入宿度）和去极度来表示。

战国时期的《古四分历》所测得的冬至点在牵牛初度。秦代使用的《颛顼历》立春在营室五度，按古度推算，那太阳冬至点的位置也在牵牛初度。这应该是我国最早的冬至点的实测数据。

由于太阳的位置不能直接测量，只能间接推得，早期测定冬至点的方法大致是利用当时给定

的冬至日，以漏刻得到夜半的时刻，由这个时刻中天的恒星的入宿度，反推得到太阳的位置。这一方法由于漏刻定的时间难以准确，所以测得的数值也比较粗略。

在晋代以前，我国的天文学家是不知道有岁差现象的。天周和岁周不分，以为从冬至到冬至一周岁（岁周），就是太阳在众星间运行一周天（天周）。所以当《四分历》把回归年长度定作 365 1/4 日，也把周天划分成 365 1/4 度。他们相信冬至点的位置一旦测定，就永远不变，所以战国时期到西汉大都沿用冬至点在牵牛初度这个数据。西汉武帝太初元年（公元前 104 年）制定的《太初历》，认为冬至太阳在建星，实际并未改变。西汉刘歆在成帝绥和二年（公元前 7 年）说，冬至点的位置进退牛前四度五分，含糊其词，不敢肯定。东汉贾逵在章帝元和二年（公元 85 年）才明白地说，冬至太阳在斗 21 1/4 度。汉代人不知道岁差的现象，但是通过实际观测，已经明显地反映出冬至点的位置是变化的。南北朝时期后秦的姜岌，想出了一个巧妙方法，就是在月食的时候测量月亮的位置，这样推得太阳的位置，再核算到冬至太阳的位置。这种方法是相当准确的。他实测得冬至点的位置在斗十七度。

地球是一个椭球体，又由于自转轴对黄道平面是倾斜的，地球赤道那里的突出部分受到日月等吸引而引起地轴绕黄极作缓慢的移动，大约二万六千年移动一周，由此产生了岁差现象。这种变化是缓慢的，冬至点在赤道上每年西移的度数，依我国古代所用的度数计算，大约七十七年差一度。

晋成帝的时候（公元 330 年前后），虞喜（约 284－约 360）比较了历史上冬至点的观测结果，第一次明确地提出冬至点有缓慢的移动，认识到太阳在天球上运动一周天并不等于冬至到冬至一周岁，应该“天自为天，岁自为岁”。太阳从冬至到下一个冬至，还没有回到原来恒星间的位置，还不到一周天，于是称这个现象叫“岁差”。虞喜根据自己的分析结果，认为五十年冬至点沿赤道西移一度。他的发现虽然比古希腊的依巴谷迟约四百五十年，却比依巴谷冬至点每百年沿黄道西移一度（依我国古代度制计算）相当于冬至点经 109 年多沿赤道西移一度）的数值精密。在虞喜以后不久，岁差便在历法的计算上得到实际应用。
何承天也讨论过岁差现象，他以为赤道岁差每百年差一度，但是没有应用在他的历法中。祖冲之是第一个用它来改进历法的人。他实测得冬至点在斗十五度，和姜岌的斗十七度相比较，不到一百年就差二度，因而得到四十五年十一个月差一度。虽然祖冲之所得的数据不很准确，但是他在历法中引用岁差，却是一个很大的革新。隋代的刘焯，在他的历法中使用七十五年差一度的黄道岁差数值，这在当时来说，已经相当精密了，而这时候西方还是沿用依巴谷的数值。唐宋以后，赤道岁差值的推算更加准确，如周琮的《明天历》、皇居卿的《观天历》、陈得一的《统元历》等都曾采用平气和定气地球沿着离心率很小的椭圆绕太阳运动，每天实际运行的距离是不等的，但是由于离心率很小，这种差数是不大的。古代受观测仪器的限制，在南北朝以前还不知道太阳的视运动是不均匀的，认为太阳每天所行的角度相等。当时也不知道有岁差，那么一年太阳行一周天，一年 365 1/4 日，一周天就是 365 1/4 度，太阳每天行一度。每一节气所占的日数也相等，是 15.2 日。后人把这种规定节气的方法称作平气或恒气。

北齐张子信用浑仪在海岛实测了许多年，才发现太阳的视运动是不均匀的，发现“日行在春分后则迟，秋分后则速”（《隋书·天文志》）。事实上，当时冬至点离开黄道的近地点不远，近地点只在冬至点前十度多，这一结果是大致符合实际情况的。随着时代的推移，冬至点和近地点越来越接近，大约在南宋的时候二者相合。

张子信的这一发现，对历法的改进是有很大意义的，不久就应用在历法中。刘焯等开始提出在历法中改用二十四等分周天来定节气，得每气十五度多，这种划分节气的方法称作定气。由于太阳每天在黄道上移动的快慢不同，所以太阳移行一气所需的日数也不一样。冬至前后日行快，一气只有 14.718 日；夏至前后日行慢，一气达 15.732 日。他推得春分、秋分离冬至各 88 日多，离夏至各 93 日多。但是他所给定的太阳运行快慢数值是和实际不符的。僧一行的《大衍历》却更符合实际情况，认为冬至附近日行最快，所以二气间的时间最短，夏至附近日行最缓，所以二气间的时间最长。《大衍历》指出了正确的日行快慢规律，纠正了刘焯的错误认识。实际上，《大衍历》日行最快的时刻定在大雪和冬至之间，当时实际近地点在冬至点前九度，所以《大衍历》的数据是准确的。《大衍历》又测知从冬至到春分六个定气间共 88.89 日，日行一象限；从春分到夏至六个定气间共 91.73 日，也行一象限。秋分前后和春分前后情况相同。

郭守敬的《授时历》把日行最快的时刻定作冬至，《授时历》创作时代的近地点实际在冬至后不到一度，所以它所使用的数值是很精密的。《授时历》根据实测，知道从冬至到平春分前三日（定春分），日行一象限，只需 88.91 日；从平春分前三日到夏至 93.71 日，日也行一象限；秋分前后相同。

由此可知，从《大衍历》以后，就有了能够比较准确地推算太阳位置和推算定气的方法。但是由于长期使用平气的习惯影响，安排节气仍用平气，定气这种概念只是在计算日行度数和交会时刻等的时候才使用。直到清代才改用定气。

二、对月亮运动的研究

我国古代的历法以月亮的圆缺作为记月的单位，很早就注意对月亮运动的观测和研究。中国古代对于日月食的预报也特别重视，所以对月行的研究更加认真。春秋末期的《古四分历》，对朔望月的长度（古称“朔策”）已经掌握得相当精密了，和真值相比较，大约三百多年差一日。隋代以前的历法，就一直以朔望月的长度来推算安排各月的历日。每月的第一天称“朔日”，意思是日月合朔将发生在初一这天。由于朔望月的长度比 29.5 日稍大，所以，通常以这样的办法来进行调整：大月三十日，小月二十九日，大小月相间，相距大约十七个月安排一个连大月。

由于太阳在天球上的位置也在移动，所以一个朔望月并不等于月亮绕天一周。我国古代很早就能把这两种概念区分开来。《淮南子·天文训》就记有日行一度，月行十三度又十九分之七（另一版本作“月日行十三度七十六分度之二十六”，即略小于十三度又十九分之七），那月行一周天是 27.3219 日，已经有了“恒星月”的概念（月亮从天球上某一固定位置运行一周又回到原来的位置所需的日数叫恒星月）。
地球在公转轨道上作椭圆运动，月亮在自己的运行轨道上也是这样，所以月亮的运动速度是作周期变化的。月亮过近地点的时候运动最快，过远地点的时候最慢。月亮从最快点运行一周又回到最快点所需的日数称作“近点月”。它和朔望月的长度是不等的，这就使得月亮圆缺一次所需的时间实际是不等的。所以，朔望月只是月相变化一周所需的平均日数。以朔望月长度推得的合朔时刻称作“平朔”。

战国时期的石申可能已经知道月亮运动的速度是有变化的，可惜记载简略。西汉刘向（约前77－前 6）在《洪范五行传》中有关于月行九道的记载。东汉贾逵也认识到月行有快慢。他

认为月行快慢是由于月道有远近造成的，并且知道，经过一近点月，近地点向前推进三度。以此推算，经 9.18 年近地点才能回到原处，那一近点月是 27.55081 日。张衡也提倡用九道术。在古代文献中也记载了月行九道图，可见月行九道的说法在汉代是很流行的。九道术是我国早期对远地点变化的认识。按九道术安排月历，会有三大月相连和二小月相连。九道术虽然比较粗略，但是比不考虑月行有快慢的平朔法要精密。

刘洪在《乾象历》中第一次考虑到月行的快慢问题，他设每近点月中近地点前进三度四分（十九分是一度），由此可以求得近点月是 27.55336 日，和现今测得的值 27.55455 日相差不远。《乾象历》实测得一近点月中每日月亮实行度数，给出月亮每日实行速度超过或不及平均速度的“损益率”表。“损益率”逐次相加称“盈缩积"。求某日月亮的实行度数，以月亮平行数值加从近地点时起到前一日的盈缩积。《乾象历》求日月合朔时刻，使用了一次内插法。《乾象历》计算月行的快慢问题，主要是为了推算日月食发生的时刻和位置，所以它不但能求出定朔望时候的经度，而且能求出日月食发生的时刻。

古人为了研究交食的需要，对于“交点月”的长度也进行过许多研究工作。月亮从黄、白道的升（降）交点起运行一周又回到升（降）交点所需的日数称作交点月。祖冲之的《大明历》第一个推得交点月的数值是 27.21223 日，同现今测得的值比较，只差十万分之一。以后各家历法差不多都推算交点月的长度，都达到很高的精度。

张子信发现太阳运动有快慢以后，为定朔的进一步研究提供了良好的条件。从隋代的刘焯、张胄玄开始，在历法中推算定朔时刻的时候同时考虑月行和日行的不均匀性，这在中国历法史上是一个重大进步。刘焯在推算定朔的时候创立等间距二次差的内插法公式，在历法中引进了中国古代数学的先进成就。

南北朝的何承天，首先在他于刘宋元嘉二十年（公元 443 年）制定的《元嘉历》中，提出安排历日使用定朔法，但是由于受到反对而终于未能实行。以后不断就改用定朔问题进行斗争。唐初的《戊寅历》曾一度使用定朔法，因为受到反对又停止使用，直到唐高宗麟德元年（公元 664 年）颁行的《麟德历》才又改用定朔。改用定朔法从何承天倡议开始，经过二百多年的争论和斗争，终于获得胜利。

唐代的僧一行对刘焯计算定朔的方法又作了发展，使用不等间距二次差的内插法公式。元代的郭守敬更对刘焯等在推算定朔的时候日月在短时期里的运动速度是等加速的假设进行改进，认为日月的运动不是时间的一次函数，而是二次函数，在某一时间里日月多行的度数应该是时间的三次函数。他创立平立定三次差的内插法公式，把我国古代数学的光辉成就应用到历法的实际计算上，使我国古代的天文历法成就达到了新的高峰。

三、交食研究

我国古代对于日月食成因的科学认识是很早的。

《周易·丰卦》就有“月盈则食”的记载，《诗·小雅·十月之交》有“彼月而食，则维其常”的诗句，就认识到月食是有规律的，只有在月望的时候才能发生。

战国时期的石申，已经知道日食和月亮有关，认识到日食必定发生在朔或晦。西汉末刘向在

《五经通义》中说："日食者，月往蔽之。"可见最迟在西汉的时候，就已经明白了日食产生的原因。东汉张衡在《灵宪》中对月食的成因解释得更清楚，认为月光来自太阳所照，大地遮住了太阳光，便产生月食。
沈括在《梦溪笔谈》卷七中曾清楚地解释了为什么不是每一朔望月都发生日月食的道理，指出了黄道和白道并不在一个平面，而是相交的。只有当角度（经度）相同而又靠近的时候（纬度相近），就是在黄道、白道相交的地方，才会互相掩盖。在黄白道正好相交的地方，便发生全食；不在正中，便发生偏食。

我国古代对于交食是作了长期认真的分析的，早在西汉以前，就能认识到交食的发生是有一定规律的，是有周期变化的。所谓"交食周期"，就是经过一个周期以后，太阳月亮地球三者又回到了原先的相对位置，一个周期以前出现的日月食又再次相继出现。从数学上来看，这就是探求朔望月和交点年之间的公倍数问题。由于两者之间没有简单的倍数关系，所以根据不同的精度可以求得不同的交食周期。我国古代的历法工作者用自己创立的方法探求交食周期，所采用的数值在世界天文学史上说，也是很先进的。西汉的《三统历》就使用了135个朔望月的交食周期。此后交食周期值的推算不断得到进步，达到很高的精度。西方十九世纪才由美国天文学家纽康（1835－1909）推得的比较精密的358个朔望月的纽康周期，我国早在唐代的《五纪历》就已经找出了（周期是纽康的二倍）。

利用交食周期，只能预推日月食发生的大概日期和情况。我国古代天文工作者并不满足于这一结果，而是编制了一套预推交食的计算方法。早在《乾象历》中，就已经求得黄白交角是六度左右，这在当时来说是相当精密的。《乾象历》规定月亮距黄白交点十五度以内才能发生日食，后代都用这个数作为会不会发生交食的判据，这就是食限的概念。

随着对日月运动研究的深入，推算日月食的方法也越来越改进，预报的结果也越来越精密。

三国时期杨伟的《景初历》开始了预报日食发生的食分大小和亏起方位。刘焯在推算交食的时候第一次考虑到视差对交食的影响（在地球表面观测天体和在地心观测天体所产生的天体位置的差称"视差"）。从唐代僧一行起，开始尝试推算各地见食的情况。隋唐宋元历法水平不断向上发展，因而推算日月食的水平也不断提高。元代郭守敬所推交食是相当准确的，所用方法在世界天文学史上也是很先进的。

我国古代对于日月食的研究成果，在世界天文学的发展史上，写下了光辉的一页。

四、节气和置闰

节气和置闰这两部分内容在我国古代的历法中都占有非常重要的地位。我们现在所了解的古代历法，一开始就是阴阳历。由于回归年、朔望月和日之间都没有整数倍数的关系，十二个朔望月比一个回归年少十一天左右，必须设置闰月来调整季节。《尚书·尧典》就记载着"期三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁"。设置闰月的历史可能比帝尧时更早。二十四节气的出现，相对来说要晚一点。节气和闰月是有联系的，如果没有闰月，就没有使用节气的必要。正因为设置了闰月来调整寒暖，才有必要创立二十四节气，以便更精确地反映季节的变化。但是，二十四节气的产生也进一步促进了置闰规律的发展和完善，它们是互相促进的。

在《古四分历》出现之前，为了在历法中能反映出四季的变化，早已知道把昏旦一定星象的

出没和月份联系起来，《夏小正》、《月令》等书就有这样的记载。一旦发现不符，就设置闰月来调整。昏旦中星的变化和北斗斗柄所指的方向成为置闰的标准。由于全凭肉眼观察，判断不容易准确，置闰也就没有一定的严格标准。只能随时观测，随时置闰。这种方法，从理论的角度来说，任何一个月都可置闰，但是由于观测不精，大都在岁终置闰，这样比较方便易行。由于置闰经验的逐步积累，人们慢慢掌握了置闰的规律，到春秋中期，就大致掌握了十九年七闰的方法。十九年七闰法是我国首先发现的，西方发现这一规律要比我国大约晚二百年。

二十四节气产生以后，更准确地设置闰月就有了基础。《太初历》规定以没有中气的月作闰月，是很符合科学道理的。依据这一原则，就能使闰月安排得更准确，更合理，使节气在月份里的变化不超过半个月。总结出十九年七闰的规律，对于《四分历》的产生和发展是起了很大的促进作用的。这十九年七闰的“闰周"，从春秋中期出现以后，在历法中一直使用到南北朝时期。由于东汉和魏晋南北朝的科学进一步发展，对岁实、朔策已经测得更准确，如果再沿用十九年七闰法，就限制了历法的改进。这是由于岁实、朔策和十九年七闰法之间具有互相制约关系的缘故。刘洪减小了岁实（365.2462 日），同时也就减小了朔策（29.53054 日），这两项改革都提高了精度。但是要进一步改革，就会发生困难：如果再减小岁实，那朔策就更小；如果加大朔策，那岁实就更大。例如《景初历》朔策取 29.53060 日，比《乾象历》精密，但是为了符合十九年七闰，岁实取 365.2469 日，比《乾象历》更大。南北朝时期北凉赵[匪欠]第一次打破这个旧框框的束缚，改用新的闰周，祖冲之又把新的闰周定得更精密。事实上，规定了以没有中气的月作闰月之后，再规定闰周就是多余的了。唐代李淳风以后，就不再考定闰周，专按没有中气的月置闰。
二十四节气是逐步产生起来的，是我国劳动人民为了生产实践的需要而发明的。节气完全是太阳位置的反映，因而也就是气候寒暖的反映。这就是我国古代的劳动人民非常重视节气的原因。首先产生的是对冬至、夏至的认识；对春分、秋分的认识也很早，因为它们处在冬至、夏至之间的平分点上。最迟在春秋时期，这些概念就产生了。《春秋》一书中记有春夏秋冬的四季概念，每季三个月。根据现有的资料看，二十四节气可能产生在战国末期。虽然全部二十四节气的名称在西汉《淮南子·天文训》中才出现，但是战国末期成书的《吕氏春秋》就记载了二十四节气的大部分名称。秦统一中国的时候制订的《颛顼历》，已经把历元定在立春，这些都可以说明，二十四节气产生在秦统一中国以前。

二十四节气是节气和中气的通称。从小寒起，每隔三十日多或黄经三十度有一节气，如小寒、立春、惊蛰等十二节气；从冬至起，每隔三十日多或黄经三十度有一中气，如冬至、大寒、雨水等十二中气。在二十四节气中又以立春、春分、立夏、夏至、立秋、秋分、立冬、冬至八节最重要。它们之间各相隔大约四十六日。一年分为四季，“立”表示四季中每个季节的开始，“分”“至”表示正处在这个季节的中间。

节气的定法有平气和定气二种，这在前面已经讲了。

在我国古代的历书中还插入和人民生活有关的历注，其中“九九"、“三伏”到今天还在流行。它们也是和太阳的位置直接或间接有关的。“九九”是从冬至开始，安排九个九日的周期，“九九”过后不几天，春分也就到了。伏日的安排是根据传统的习惯，头伏安排在夏至后第三个庚日，中伏在第四个庚日，末伏在立秋后第一个庚日。由于夏至日可以是任何一个干支，因此第三个庚日距夏至可以有十天的变化，这就使得二伏有时是十天，有时是二十天。夏至太阳达到最北点，冬至达到最南点，那好像冬至应该最冷，夏至应该最热，但是事实并不是

这样。有句谚话说："冷在三九，热在中伏。"这是经验的总结。这个道理南北朝的祖暅就作出了科学的解释：这是由于寒暑的积累而造成的。

二十四节气是我国劳动人民的独创，从这点也可看出我国古代的生产和科学的发展水平是高的。世界上也有很多国家使用过阴阳历，但是他们最多也只知道有二分二至。这是我国古代历法优越的地方。我国古代的历法所使用的数据都是很精密的，太阳月和阳历年之间关系的调节也达到了比较好的程度，我国古代的历法成就是巨大的，是值得进行总结和发扬的。

第五讲 先秦至隋唐的历法沿革

中国古代天文学的最主要组成部分是历法，换一句话说，历法是中国古代天文学的核心。中国古代历法不单纯是关于历日制度的安排，它还包括对太阳、月亮和土、木、火、金、水五大行星的运动及位置的计算；恒星位置的测算；每日午中日影长度和昼夜时间长短的推算；日月交食的预报等等广泛的课题。从某种意义上讲，中国古代历法的编算相当于近现代编算天文年历的工作。为此，我国古代天文学家展开了一系列的观测与研究活动：譬如对历法诸课题的共同起算点——历元的选定，对一个又一个天文学概念的阐述，对种种天文常数的测算、各种天文数表的编制，对具体推算方法、天体测量方法和数学方法的抉择和改进等等。这些就构成了中国古代历法的基本框架和主要内容。

一、西周以前的历法知识

这是一个历法知识开始萌芽和初步积累的漫长历史时期。由于生产和生活的需要，从对星辰出没、日月运动的观测中，人们逐渐形成了与这些需要密切相关的年、月、日等时间长度的概念，进而产生了初始的历法系统。由于占卜活动的需要，人们对天象变化、尤其是异常天象的出现，极为关注，这也刺激了人们对天象观测的重视，并由此逐渐形成了天象记录的传统。这些都给后世的发展以深刻的影响。

1．观象授时时期

太阳对人们无疑是至关重要的。古人日出而作，日入而息，就是以太阳的出入作为作息时间的客观依据。太阳出入造成的明暗交替出现的规律，必定给先民们以极深的感受，于是以太阳出入为周期的“日”，应是他们最早认识到的时间单位。

自然，月亮的圆缺变化，是又一明显的和意义重大的天象。说它意义重大，是因为月亮的亮光对于人们夜间活动的安排是关键的要素。经过长期的观测和计数，人们逐渐发现月亮圆缺的周期约为 30 日，这便进而导致一个较长的时间单位“月”的产生。

对于更长一些的时间单位“年”的认识，要较“日”、“月”困难得多，但这是对于人们生产和生活的意义更为重大的一种周期，因为寒暑、雨旱，以及渔猎、采集乃至农业生产活动无一不与它有关。所以，人们对它进行了长期不懈的探索。由物候——草木枯荣、动物迁徙、出入等的观察入手，大约是探索一年长度的最早方法，随后才是对某些星象的观测。后者所得结果要较前者来得准确。

据传说，在颛顼帝时代，已设立“火正”专司对大火星（心宿二，天蝎座 α 星）进行观测，以黄昏时分大火星正好从东方地平线上升起时，作为一年的开始，亦即这一年春天的来临。由此不难推得一年的长度。这是我国古代观象授时的早期形态。据研究，这大约是公元前 2400 年的事。

又据《尚书・尧典》记载，在传说中的尧帝时，“乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授人时”。其具体的观测方法与结果是：“日中星鸟，以殷仲春”，“日永星火，以正仲夏”，“宵中星虚，以殷仲秋”，“日短星昴，以正仲冬”，即以观测鸟、火、虚、昴四颗恒星在黄

昏时正处于南中天的日子，来定出春分、夏至、秋分和冬至，以作为划分一年四季的标准。据推算，这大约是公元前 2000 年时的实际天象。

由上述记载，我们还可以推知，当时已有原始圭表的出现，否则人们就无从确定某星辰南中天的问题。这时的圭表还仅用于厘定方位，尚未用于测定日影的长度。观测星辰南中天来确定季节，可以减少地平线上的折射和光渗等的影响，其精度自然要比观测星辰出没来得高。此外，从“日中”和“宵中”（指昼夜平分）、“日永”和“日短”（分别指白昼最长和最短的日子）等说法，可知其时已应用了某种测量时间的器具（这一点由下述《夏小正》的有关记载亦可证）。这些都说明，此时已进入观象授时相当发达的时代。其标志是：所观测的恒星已由一颗增加到多颗，由观测恒星东升改为南中天，并已使用了某些器具。

更值得注意的是，《尧典》还记述了这时人们已经采用了“期三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁”的初始历法。这里以一年为 366 日，当是人们对恒星周年运动周期的测算得到的结果。由于一年的长度与月的长度不存在整数倍的关系，该初始历法已采用了置闰月的方法予以调整，这显然是一种阴阳历，是我国古代长期使用的阴阳历的最早记载。
在《夏小正》一书中，则载有一年中各月份的物候、天象、气象和农事等内容，它集物候历、观象授时法和初始历法于一身，相传它是夏代行用的历日制度。就观象授时法而言，它是以观测黄昏时分若干恒星（鞠、参、昴、南门、大火、织女、银河等）的见、伏或南中天的时日，以及北斗斗柄的指向，作为一年中某一个月份起始的标准的。有人认为，《夏小正》乃是一种分一年为 10 个月，每月 36 日，另有 5 至 6 日为过年日的初始历法。据《夏小正》记载，正月“初昏斗柄悬在下”，六月“初昏斗柄悬在上”，其间的五个月为半年；五月“时有养日”，十月“时有养夜”亦以五个月为半年。也有人认为，《夏小正》还是分一年为十二个月的太阳历。由此看来，《夏小正》乃是一种不考虑月相变化的纯阳历的见解，这是可信的。

《尚书·尧典》和《夏小正》的记载，都反映了观象授时法的重要成果，同时又反映了夏代出现的两种不同系统的历法（阴阳历和阳历）的雏形。它们是由观象授时向有一定规范的初始历法过渡的两种不同形态，都具有十分重要的意义。

2．商周历法

由甲骨文的有关卜辞，我们可以知道商代行用的历法乃是阴阳历。

首先，年有平年、闰年之分，平年 12 个月，闰年 13 个月，闰月置于年终，称十三月，是为年终置闰法。这时的岁首已基本固定，季节和月名有了基本固定的关系。但在甲骨卜辞中还偶有十四月甚至十五月的记载，这说明这时人们还不能较好地把握年月之间的长度关系，对于闰月设置的多少，还没有一定之规，多半是由经常性的观测来决定，当发现季节与月分名相悖时，便加进一个闰月加以调节，带有较大的随意性。这种状况一直延续到西周。

在甲骨文中有“至日”、“南日”或“日南”的记载，它们指的都是冬至日（春秋时期人们还称冬至为“日南至”）。其中有一块卜辞说：“壬午卜，扶，奏丘，日南，雨？”（壬午这一天，贞人扶占卜，举行奏丘的祭仪，迎接太阳南至，会下雨吗？）在《周礼·春官·大司乐》中则有这样的记载：“冬至日，于地上之圜丘奏之”，以迎祭天神。二者说的是同一祭祀活动，可证“日南”即为“冬至”。这说明殷商时期已使用圭表观测日影长度的变化，并由之确定冬至日，已知冬至日，一回归年长度的数值便不难算得。

其次，殷商历法是以新月为一月的开始，月有大月和小月，大月 30 日，小月 29 日。起初仅以大、小月相间安排历日，这表明人们以为一朔望月长度等于 29.5 日。后来，更有连大月的出现，即在若干个大、小月相间的月份后，安排两个连续的大月，这证明人们已经知道，一朔望月的长度应略大于 29.5 日，这是对朔望月长度测算的一次重大进步，虽然此时对连大月的安置尚无一定的规则。

再次，殷商时期已明确使用干支纪日法，建立起了逐日无间断的日期记录的系列，从而提供了较准确地探求月、年等更长的时间单位的重要基础，同时也为历史年代学提供了重要的依据。干支纪日法顺序循环，几乎没有中断地连续使用到今天，成为世界上最长的纪日方法。

再其次，商代已将一天分为若干不同的时段，甲骨文中可见的时段专名有：明（旦）、大采、大食、中日、小食、小采、昏（暮）等，这是一种把白昼均分为六个时段的方法。有人认为，把一天分为百刻的制度，亦自此始。

这些便是商代历法对于年、月、日、时刻安排的大体情况，西周历法与之大同小异。在金文中，亦有不少十三月的记载，并以“朏"（新月）为一月的开始，均为明证。但《诗 • 小雅·十月之交》有：“十月之交，朔月辛卯，日有食之”的记载，据研究，这当指公元前 735 年 11 月 30 日发生的一次食分很大的日偏食，这是我国典籍中关于朔日的最早记述。由此看来，大约在西周后期已有以朔代替朏为月首的尝试。由于朔并无具体的天象与之对应，它必须在测知比较准确的朔望月长度后，以推算的方法求得，所以朔的概念的建立和应用，乃是历法史上的一大进步。

此外，金文中经常出现初吉、既生霸、既望和既死霸四种名称，对此，古今众说纷纭。一为定点月相说，认为它们分别代表每月特定的某一天或某二三天，近二千年来人们多宗此说。一为四分月相说，认为西周时是将一个月均分为四份，每份约为七天，初吉等依次为各份的专有名称，此说起于近代王国维，一度广为史学界接受。本世纪四、五十年代以后，新说又起，现在有一种比较合理的解释是：初吉系指初干吉日，即每月上旬的吉日；既生霸和既死霸分别指每月的上半月和下半月；既望则指满月或其后的一二天。这些解释孰是孰非有待进一步论证。

二、春秋战国时期历法体系的奠基

春秋战国时期是我国古代从奴隶制向封建制过渡的社会大变革的时代，这时生产力得到很大的发展，促使包括科学技术在内的古代文化得到长足的进步。就历法而言，前进的步伐亦明晰可见，这主要表现在对天文现象的观测与描述由定性向定量的转变，阴阳历的定型，和关于宇宙的理论的涌现等等，这些都为我国古代特有的历法体系奠定了基础。随着周室衰微和诸侯蜂起，打破了由周王朝少数天文学家垄断历法的局面。各诸侯国由于发展农业生产以及政治上的需要，都极其重视历法的研究，这给流散四方的畴人子弟以施展才能的良好机会。这一时期出现了一批著名的天文学家，“鲁有梓慎（活动于公元前 550 年前后），晋有卜偃（活动于公元前 650 年前后），郑有裨灶（活动于公元前 500 年左右），宋有子韦（活动于公元前 480 年左右），齐有甘德，楚有唐昧，赵有尹皋，魏有石申夫（亦名石申，后四人皆活动于公元前四世纪），皆掌著天文，各论图验"。他们或者前后相继，或者同时并立，在历法界内形成了各树一帜、百家争鸣的局面，更促进了历法的发展。

1．天文观测的定量化与系统化

1）二十八宿系统的形成和距度的测定

二十八宿是沿天球黄、赤道带，将其临近天区划分成 28 个区域的恒星区划系统，其名称依次为：角、亢、氐、房、心、尾、箕，斗、牛、女、虚、危、室、壁，奎、娄、胃、昴、毕、觜、参，井、鬼、柳、星、张、翼、轸。1978 年，湖北随县发掘的战国早期曾侯乙墓中，出土有一只漆箱盖，上面绘有二十八宿的全部名称，这是迄今所发现的最早的二十八宿恒星系统的完整记载。究其实，二十八宿作为一个完整的系统形成的年代还要早些，当不迟于春秋时期。据研究，约于公元前六世纪，人们已经对二十八宿各标准星之间的赤道度距（称二十八宿距度）进行过测量，其数值留存在唐代的《开元占经》一书中。二十八宿系统的建立，为日、月、五星以及若干天象发生位置的确定，提供了一个统一的和定量化的背景依据，是为这一时期天文观测定量化和系统化的重要标志之一。

2）五星观测的数量化

春秋战国时期，人们对五大行星运动的观测与研究有了重要的进步，这主要表现在以下两个方面：

一是对五星运动周期的测量。人们已经把行星的恒星周期（行星运行一周天所需的时间）和会合周期（行星两次晨见东方的时间间隔）区别开来。石申和甘德都指出木星的恒星周期为 12 年（应为 11.86 年），其实，这一认识的产生当不迟于春秋时期。石申还指出火星的恒星周期为 1.9 年（应为 1.88 年）。而甘德又测得木、金、水三星的会合期分别为 400 日（应为 398.9 日），587.25 日（应为 583.9 日）和 136 日（应为 115.9 日）。在长沙马王堆出土的帛书《五星占》中，也载有木、土和金三星的会合周期，依次为 395.44 日、377 日（应为 378.1 日）和 584.8 日，此当为战国末年的观测结果，与甘德当年所测的精度互有短长。

二是对五星动态的定量描述。石申和甘德已发现火星和金星的逆行现象，他们都曾形象地用“巳”字形来描述其运行的视轨迹。在《五星占》中则更具体地对木、土、金三星在一个会合周期内的动态作了定量描述，如把金星的动态分为：晨出东方—顺行—伏—夕出西方—顺行—伏—晨出东方六大阶段，每个阶段则定出所经时日与每日运行的速度，其中对两次顺行还定出二或三个不同的速率。这就是后世得到进一步发展的行星动态表的雏形。行星会合周期的测定和动态表的编制，已使得对行星位置的预报成为可能。
二十八宿距度的测定、《石氏星经》的出现，以及初始的行星动态度的编制等等，都证明春秋战国时期业已有相应的测量仪器的出现，有些研究者称之为“先秦浑仪"。虽然我们还说不清这种浑仪的具体结构，但它应是汉代以后日益完备的浑仪的直接祖先，则是勿庸置疑的。

3）二十四节气的完备

二十四节气是我国古代天文学家的一大创造。它曾经历了一个十分漫长的发展过程，起初大约仅有二至（冬至、夏至）和二分（春分、秋分），一直到战国时期才逐渐形成完备的二十四节气系统：由冬至起算，每经一年的 1/24 日交一个节气，其名称分别为冬至、小寒、大寒、立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨、立夏、小满、芒种、夏至、小暑、大暑、立秋、处暑、白露、秋分、寒露、霜降、立冬、小雪、大雪。此中奇数统称为中气，偶数统称作节

气。二十四节气分别标志着太阳在一周年运动中的二十四个大体固定的位置，是对太阳周年运动位置的一种特殊的描述形式，它们又能较好地反映一年中寒暑、雨旱、日照长短等变化的规律。所以，它们不但具有重要的天文意义，而且对于农业生产有着重大的指导作用。二十四节气自战国时期得以完备之后，一直成为我国传统历法的重要内容之一，至今在广大农村仍有旺盛的生命力。

2．古四分历法

春秋后期，产生了一种取回归年长度为 365 1/4 日，并采用十九年七闰为闰周的历法，它因回归年长度的奇零部分为 1/4 日而得名为“四分历"，又有别于东汉时期的四分历，故通称古四分历。该历的朔望月长度可由回归年长度和闰周推得：十九年七闰，即十九年有 19×12＋7＝235 个朔望月，有 19×365 1/4÷235＝29 499/940 日。在此之前，人们并未取得如此明确的回归年和朔望月的长度值，在调整两者之间的关系时，也未曾寻得如此规整的闰周，于是在历日的安排中，往往出现多闰或失闰的现象。所以，古四分历的出现，标志着阴阳历完成了从不稳定的、带有某种随意性的形态向明确的、规整的形态的过渡。

在欧洲，古代希腊人默冬在公元前 432 年所发现的闰周，罗马人于公元前 43 年采用的儒略历所取的回归年长度，分别与古四分历相同，所以，古四分历的这三个基本数据在当时世界上是居于领先的地位的。

春秋战国时期，各诸侯国分别使用黄帝、颛顼、夏、殷、周、鲁六种历法，合称古六历。其实，它们都是四分历，即都采用上述三个基本天文数据，只是所规定的历法起算年份（历元）、每年开始的月份（岁首）和每日起始的时刻有所不同而已，历元不同是由于各家观测年代的先后与观测精度的差异造成的，而后二者则纯属人为的不同规定。

到战国时期，古四分历的内容日趋丰富。如它们都以为冬至时太阳位于牵牛初度，这说明对于太阳所处恒星间位置的推算，已是这时历法的重要内容之一，那么二十八宿的测定结果亦已引入历法中，也当无疑问。此外，二十四节气以及五星位置的推算也已是历法的组成部分。

三、秦汉魏晋时期历法体系的成熟

这是我国古代历法发展的极重要时期。在先秦已经奠基的天文历法系统的基础上，这时在历法编制、仪器制造、宇宙理论及星图编制等方面，都取得长足的进步，形成了一个独特的和成熟的天文历法体系。

1．太初历（三统历）的编制

秦代行用古六历之一的颛顼历，到西汉初年仍沿用不改。由于颛顼历行用已久，据该历法推算的朔望日期与实际产生较大偏差，时有朔晦时见有新月的现象发生，所以要求改革历法的呼声渐高。汉武帝元封七年（前 104 年）遂诏令改定新历。从制造仪器，进行实测、计算，到审核比较，最后从 18 家历法中选出邓平等人的八十一分律历为新定历法，即为太初历。太初历经西汉末年天文学家刘歆改造，遂成三统历（公元前 7 年），是为我国现存第一部完整的历法，对后世历法影响深远，其主要进展有：

其一，以实测历元为历算的起始点，定元封七年十一月甲子朔旦冬至夜半为历元，其实测精度比较高，如冬至时刻与理论值之差仅 0.24 日，而春秋战国时期冬至时刻测定的误差在 2—3 日之间。
其二，太初历仍然以十九年七闰为闰周，而对于十九年中七个闰月的具体设置，首先发明了以不包含中气的月份定为闰月的方法。该法不但较好地调节了回归年和朔望月之间的关系，而且可以把冬至、大寒、雨水等十二个中气与十一月、十二月、正月等月序一一对应起来，形成固定不变的关系，从而方便了生产季节的推算和应用。

其三，交食周期是指原先相继出现的日月交食又一次相继出现的时间间隔。食年是指太阳相继两次通过同一个黄白交点（指太阳视运动轨道与月亮运行轨道交点）的时间间隔。太初历首次引进这两个天文学概念，并定出明确的数据，它们是预报交食的最基本概念和数据，虽然其数值的误差还较大。

其四，太初历定出了新的五星会合周期，其精度都比战国时期有巨大的进步。此外，太初历还正确地建立了五星会合周期和五星恒星周期之间的数量关系。太初历定出的五星在一个会合周期内的动态表，是我国古代保存最早、最完整的动态表，它远比战国时期的相应动态表完备和准确。更重要的是，在五星会合周期的测定和五星动态表编制的基础上，太初历第一次明确规定了预推五星位置的方法：已知自历元到所求时日的时距，减去五星会合周期的若干整数倍，得一余数。以此余数为引数，由动态表用一次内插法求得这时五星与太阳的赤道度距，即可知五星的位置。这一方法的出现，标志着人们对五星运动研究的重大飞跃。这一方法继续应用到隋代都没有什么大的变动。

太初历所采用的回归年和朔望月长度的精度反不如古四分历，这是该历的一个重大缺欠。

2．刘洪及其《乾象历》

刘洪（约 135—约 210 年），字元卓，泰山蒙阴（今山东蒙阴县）人，是东汉后期著名的天文学家。东汉伊始，天文学界一直十分活跃，关于天文历法的论争接连不断，在月亮运动、交食周期、冬至太阳所在宿度、历元等一系列问题上展开了广泛的探索，孕育着一场新的突破。在这种历史背景下，刘洪经过 20 多年的潜心观测研究，终于在 206 年最后完成了他的乾象历，它的出现可视作这场长期论争的良好总结，是实现了新突破的标志。归纳起来，刘洪及其乾象历在如下九个方面取得了重大的进展：

第一，刘洪发现以往各历法的回归年长度值均偏大，在乾象历中，他定出了 365.2468 日的新值，较为准确，从而结束了回归年长度测定精度长期徘徊以致倒退的局面，并开拓了后世该值研究的正确方向。

第二，他肯定了前人关于月亮运动不均匀性的认识，在重新测算的基础上，最早明确定出了月亮两次通过近地点的时距（近点月长度）为 27.5534 日的数值，并首创了对月亮运动不均匀进行改正计算的数值表（月离表），即月亮过近地点以后每隔一日月亮的实际行度与平均行度之差的数值表，为计算月亮的真实运行度数提供了切实可行的方法，亦为我国古代该论题的传统计算法奠定了基石。

第三，他指出月亮是沿自己特有的轨道（白道）运动的，白道与黄道之间的夹角约为 6 度，

这同现今得到的测量结果已比较接近。他还定出了一个白道离黄道内外度的数值表，据此，可以计算任一时刻月亮距黄道南北的度数。

第四，他阐明了黄道与白道的交点在恒星背景中自东向西退行的新天文概念，并且定出了黄白交点每日退行的具体度值。

第五，他提出了新的交食周期值，据此可得一食年长度为346.6151日。该值比他的前人和同时代人所得值都要准确，其精度在当时世界上也是首屈一指的。

第六，他提出了食限的概念，指出在合朔或望时，只有当太阳与黄白交点的度距小于14°33′时，才可能发生日食或月食现象，这14°33′就称为食限，就是判断交食是否发生的明确而具体的数值界限。

第七，他创立了具体计算任一时刻月亮距黄白交点的度距和太阳所在位置的方法。这实际上已经解决了交食食分大小及交食亏起方位等的计算问题，可是乾象历对此并未加阐述。这类计算问题的明确记载则首见于杨伟的景初历（237年）中。
第八，他发明有“消息术”，这是在计算交食发生时刻时，除考虑月亮运动不均匀性的影响外，还虑及交食发生在一年中的不同月份，必须加上不同的改正值的一种特殊方法，实际上已经考虑到太阳运动不均匀性对交食影响的问题。

第九，刘洪还和蔡邕一起，共同完成了二十四节气太阳所在位置、黄道去极度、日影长度、昼夜时间长度以及昏旦中星的天文数据表的测算编纂工作，该表载于东汉四分历中，后来它成为我国古代历法的传统内容之一。

质言之，刘洪提出了一系列天文新数据、新表格、新概念和新计算方法，把我国古代对太阳、月亮运动以及交食等的研究推向一个崭新的阶段。他的乾象历是我国古代历法体系趋于成熟的一个里程碑。

3．岁差的发现和闰周的改革

所谓岁差，是指春分点（或冬至点）在恒星间的位置逐年西移的天文现象。在公元前二世纪，希腊天文学家依巴谷已经发现春分点每百年沿黄道西退1°的现象，我国古代最早发现类似现象的是东晋天文学家虞喜，他在330年左右，对岁差现象作了与古希腊人在形式上迥异而实质相同的表述。

在虞喜之前，我国古代天文学家已经发现了冬至时太阳所在恒星间的位置发生变动的情况，但这未导致对岁差规律的探讨和总结。一直到虞喜才充分注意到实际上已为天文学界熟知的这一现象的重要天文学意义，并着手对岁差现象作数量化的论述。他由“日短星昴，以正仲冬”句推知，昴星于尧帝时在冬至日黄昏时中天。再由实测，他得知，当时冬至日黄昏时昴星与子午方位的偏离度值。又考知自尧帝到其时的年距。最后虞喜算得每经50年冬至点沿赤道向西移动一度的数值，这就是我国古代经由特殊的途径独立地得到的第一个岁差值，虽然发现年代远迟于古希腊，但该值的精度已略优于依巴谷值，为岁差值的进一步探索开拓了新路。在此基础上，虞喜“使天为天，岁为岁”，即把恒星年（太阳两次通过同一恒星的时间间隔）与回归年（太阳两次通过冬至点的时间间隔）两者区别开来，并为历法有关问题计

算精度的提高准备了条件。

后秦天文学家姜岌约于380年发明了月食冲法，其方法是在月食时测量月亮所在宿度，这时太阳正与月亮相差半周天度，于是能较准确地推知冬至时太阳所在宿度。这为后世岁差佳值的频频出现提供了切实有效的基本方法。

十九年七闰的闰周前后沿用达千年之久，到北凉赵[匪欠]的元始历（412年）才出现了转机。赵[匪欠]给出了600年221闰的新闰周，这是他对回归年和朔望月长度认识深化的结果，即他对于回归年长度应小于365.2468日，和朔望月长度应在29.5306日左右均深信不疑，而这二个天文数值绝非十九年七闰法所能协调，所以只有改革旧闰周，方可符合他已经确认无疑的如上事实，别无出路。当然要迈出这一步仍需极大的勇气。元始历所取回归年长度的精度较前代历法有大幅度的提高，赵[匪欠]对闰周的改革正与此相辅相成，是一大胆的和明智的创举。自此以后，新闰周辈出，呈现了不断求索、改进的可喜局面。

四、南北朝隋唐五代时期历法体系的完善

这一时期历法发展的主要特征是，一系列天文数据趋于精确，一批新的天文现象的发现，历法中的数学计算方法，向着严密化和公式化方向演进，这些使我国古代历法体系从内容和形式，都达到了较完善的境界。

1．祖冲之及其《大明历》

祖冲之（429—500年），字文远，祖籍范阳（今河北涞水县），是刘宋时期杰出的科学家。他对圆周率的研究，使他名闻遐迩，其实他对科学技术的贡献远非止于此，在天文历法上，亦堪称一大家。463年他撰成大明历，内中多所创新，是为我国古代最著名的历法之一。

把岁差现象首次引入历法，是祖冲之的一大贡献。由于我国古代历法在计算日月五星的位置时，是以冬至太阳所在恒星间的位置作为基准点的，所以岁差概念和数值的引进，就使得这一基准点的位置得到较好的校正，从而使日月五星位置推算的准确度得到根本的保证。
大明历取回归年长度为365.2428日，误差仅46秒，这是我国古代所用的最佳值之一。该值的取得，与祖冲之巧妙、正确地应用刘洪等人在173年的日影测量结果有关，还与祖冲之发明的冬至时刻测算法密切相关。该测算法是在测量冬至前后数日午中的日影长度的基础上，并在假定这前后数日影长的变化是均匀的前提下，用线性比例的方法求取冬至的具体时刻，它嗣后成为我国古代冬至时刻的经典测算法。

在回归年和朔望月长度精确测算的基础上，祖冲之还很好地选定了十分准确的新闰周：391年144闰，这是我国古代得到的最佳闰周。

在大明历中，祖冲之还第一次明确地指出了交点月（月亮相继两次通过同一个黄白交点的时间间隔）的长度值：27.2122日，误差仅1秒左右，已达到了相当高的精度水平。

对于五星会合周期，祖冲之也进行了重新测量，得木星398.903日（误差0.019日），火星780.031日（误差0.094日），土星378.070日（误差0.022日），金星583.931日（误差0.009日），水星115.880日（误差0.002日），从总体上看，其精度达到了前所未有的高度。

2．张子信的三大发现

张子信，清河（今河北清河县）人，是北魏、北齐间著名的天文学家。他花了三十多年的时间，隐居于一海岛，专心致志地用浑仪观测日月五星的运动。570 年前后，他获得了在我国天文学史上具有重大意义的三大发现：

一是关于太阳视运动不均匀性的发现。张子信由观测得知：太阳视运动从平春分到平秋分（时经半年）所历的黄道度数，要比从平秋分到平春分（亦时经半年）所历度数少若干度，于是，前半年太阳视运动的速度自然要比后半年来得慢，这是他导出这一发现的途径之一。途径之二，是循着与刘洪当年相似的方法达到的。张子信指出：欲使交食发生时刻的预推值与实际相吻合，除虑及月亮运动不均匀性的影响外，还须加上某一改正值（称为“入气差"），该值的正负、大小与二十四节气有密切和稳定的关系。这是刘洪“消息术”的再发现。更重要的是，张子信由此升华出太阳视运动不均匀性的结论，给予“入气差”以合理的解释。他还推算出了二十四节气“入气差"（即二十四节气时，视太阳实际行度与平均行度之差）的具体数值，这是我国古代对太阳视运动不均匀性现象所作的最早的明确的定量描述。

二是关于五星运动不均匀性的发现。张子信发现，依据传统的方法推算得的五星晨见东方的时刻，往往与实际天象不相符，常有应见而不见，或不应见而见的情况发生。由进一步的考察，他确认五星晨见东方时刻的这种超前或滞后及其时间的长短（称为“入气加减"），也与二十四节气有紧密的、稳定的关系。张子信以为，这正是五星运动不均匀性的具体反映。同样，他也推算出了五星二十四节气“入气加减”的明确数值，从而实现了五星运动不均匀性的初始的定量描述。

三是关于食差的发现，这是关于交食研究的一大进展。张子信认识到简单地根据传统的食限法，还不能断然判定日食发生与否，即在已入食限的条件下，如果当时月亮在黄道之北，则必发生日食无疑；而如果当时月亮在黄道之南，则不发生日食。这里，张子信是发现了月亮视差对日食的影响。月亮视差是指在地面上的观测者看来，月亮真实位置的天顶距（Z）总比视位置的天顶距（Z+△Z）来得小的一种天文现象。对日食而言，当月亮在黄道之北时，由于视差使月亮的视位置下降，令日月的距离更靠近，所以只要入食限则必发生日食；而当月亮在黄道之南时，也由于视差使月亮的视位置下降，遂令日月的距离增大，所以即使已入食限，还是不发生日食。这就是张子信关于食差的发现的真实天文含义。

张子信的这三大发现都具有划时代的意义，它们为天文历法体系的完善增添了全新的内容。

3．刘焯的《皇极历》及其他

刘焯是隋代杰出的天文学家，他于 604 年撰成皇极历，后世历家咸称其妙。他最先把张子信的三大发现引入历法，并成功地解决了这三大发现的具体计算和合理应用问题。
在皇极历中，载有二十四节气太阳视运动不均匀性改正数值表（日躔表），这是流传至今的第一份完整的日躔表，其前身即张子信的“入气差"。在应用日躔表进行任一时刻的改正值的计算时，刘焯首创了等间距二次差内插法。这一数学方法的物理意义，是把某一时段内太阳视运动的速率看成是匀加速或匀减速的。这一方法较好地解决了太阳视运动不均匀性的计算问题。在这一基础上，刘焯成功地解决了同时考虑日、月运动不均匀性影响的定朔计算方

法，使真正朔日时刻的计算精度得以提高。

在皇极历中，还载有五星入气加减的数值表，其源由亦当来自张子信。重要的是，刘焯首创了推算五星晨见东方时刻的三段计算法：平见—常见—定见法。即先把太阳和五星的运动视作是匀速的，由此可算得平见时刻（T0）；次由五星入气加减表求得五星运动不均匀性改正值（△t），则常见时刻=T0+△t；再由日躔表算出太阳运动不均匀性改正值（△T），于是定见时刻=T0+△t+△T。

关于日月交食的研究，在皇极历中载有“推应食不食术”和“推不应食而食术"，这是对张子信第三大发现的具体补充和发展。此外，刘焯还首次提出了食差对日食食分大小的影响的具体算法，以及交食起讫时刻的计算方法，并对于交食的亏起方位作了前所未有的详细讨论。

刘焯还是黄道和白道宿度变换的首创者。他曾测得 75 年差一度的新岁差值，这是一个相当准确的数值。他对南北相距千里，日影长度相差一寸的旧说，持反对的态度，并提出由实测加以验证的具体建议。可惜这一建议连同他的皇极历均未被采纳，但他的科学业绩却是不可泯灭的。

和刘焯同时的另一位天文学家张胄玄，也吸取了张子信的工作成果，约于 610 年编成大业历。虽然大业历对于类似问题的处置不如皇极历周全，却也别树一帜，尤其在五星运动的研究上最为突出。张胄玄测得五星会合周期分别为：木星 398.882 日（误差 0.002 日），火星 779.926 日（误差 0.011 日），土星 378.090 日（误差 0.002 日），金星 583.922 日（误差小于 0.001 日），水星 115.879 日（误差 0.001 日），它们是我国古代所取得的最佳成果。又，张胄玄对五星在一个会合周期内的动态进行描述时，以为在某些动态段中，五星的运行速率是依等差级数变化的，并解决了等级差数求和的问题，这在天文学上和数学上都是有重要意义的。

4．一行及其大衍历

一行（683—727 年），魏州昌乐（今河南南乐县）人，俗名张遂，唐代名僧，在天文学上有很高的造诣。公元 728 年，张说奏上一行完成的《大衍历》。一行为编此历，进行了大量的天文实测，并对中外历法系统进行了深入的研究，在继承传统的基础上，颇多创新。

从历法的编次体例上看，共计分为七章：“步中朔"（计算节气、朔望等），“步发敛"（计算七十二候等），“步日躔"（关于太阳运动的计算），“步月离"（关于月亮运动的计算），“步轨漏"（计算日影及昼夜漏刻长度），“步交会"（日月交食的计算）和“步五星"（关于五星运动的计算）。它们具有结构合理、逻辑严密、体系完整的特点，后世历法大都因之，成为历法体例的楷模。从内容上考察，其创新之处主要有：

对太阳视运动不均匀性进行新的描述，纠正了张子信、刘焯以来日躔表的失误，提出了我国古代第一份从总体规律上符合实际的日躔表。在利用日躔表进行任一时刻太阳视运动改正值的计算时，一行发明了不等间距二次差内插法，这是对刘焯相应计算法的重要发展。

一行对于五星运动规律进行了新的探索和描述，确立了五星运动近日点的新概念，明确进行了五星近日点黄经的测算工作。如他以为 728 年时，木、火和土三星的近日点黄经分别为 345.1°，300.2°和 68.3°，这与相应理论值的误差分别为 9.1°、12.5°和 1.6°，此中土

星近日点黄经的精度已经达到了很高的水平。一行还首先阐明了五星近日点进动的概念，并定出了每年进动的具体数值。在对五星运动不均匀性进行描述时，一行发明了五星盈缩运动的数值表，它是以五星近日点为起算点，每隔 15° 定出一个五星实际行度与平均行度之差的数值表格。据此，再应用等间距二次差内插法，推求任一时刻五星运动不均匀的改正值，这一表格和方法均较张子信等人的“入气加减”法前进了一大步。
大衍历还首创了九服晷漏、九服食差等的计算法。前代各历法在计算晷漏、食差时，都仅局限于京都所在地，其结果并不适应全国广大地区（即九服之地）的实际情况，所以新算法的提出，就把原先仅合用于京师的历法，全面推广为真正的全国性历法，其意义可想而知。而且，在新算法中，还包含有一行编成的世界上最早的正切函数表，更具有重大的数学意义。

5．曹士蔿和边冈等人的贡献

曹士蔿是唐代民间天文学家。在 780—783 年间，他撰成符天历，这仅是一种民间小历，似不登大雅之堂，但实际上，却在历法史上占有相当重要的地位。

符天历选取唐高宗显庆五年（660 年）为历元，以这种近距历元取代传统的上元法。所谓上元是一种理想的历元，它要求一系列天文现象同起始于一点，这实际上是不可能的，强求之，就不能不带有牵强附会的因素，而且自上元到实际求算年之间往往相距极其庞大的年份，所以上元法存在既使计算繁杂，又使计算结果失真的弊端。曹士蔿的改革，正是针对这种弊病采取的有效措施。又，传统历法的天文数据，一般均以分数表示。对此，曹士蔿选用了万分法，即取分母为一万，这既使各天文数据呈一目了然的形式，又使计算便捷。这两项改革，后为元代授时历所接受。

此外，曹士蔿开辟了历法数值表格及其计算公式化的蹊径。符天历对于日躔表及太阳视运动不均匀性改正的计算进行了极重要的改革，建立了太阳实际运行度（V）与平均运行度（M）之间的数学关系式：

$$V-M=1/3000(128-M)M$$

式中 M 为所求日距冬至时刻的天数，亦即度数。该式实质上是刘焯二次差内插法的一种特殊形式，它既具有计算上的简便性，又具有数学上的严密性。它的出现是我国古代历法体系进一步公式化、数学化的重要标志。

这种公式化、数学化的趋势，在边冈的崇玄历（892 年）中得到了极大的发展。边冈把曹士蔿上述公式所展示的数学方法，明确归结为“相减相乘”法，并把该法推广应用于黄赤道宿度变换、月亮极黄纬和交食等历法问题的计算中，均建立了相应的算式。不但如此，边冈还首创了计算每日中午日影长度的二个三次函数式，把传统的二十四节气晷影长度表格及其每日晷长的计算公式化了。他还曾定出二个计算太阳视赤纬的算式，系为四次函数式，这就把传统的二十四节气太阳视赤纬表格及每日太阳视赤纬的计算公式化了。它们在天文学和数学上都具有很重要的意义。

唐代天文学家徐昂在其宣明历（822 年）中对日食计算所作的重要改进，也是这时天文历法的重要事件。徐昂把月亮视差对日食的影响，区分为“时差”、“气差”、“刻差”和“加差”四种，它们都与日食发生、节气的先后及辰刻的早晚有关。其中，时差是从定朔时刻求食甚

时刻的修正值，而后三者是对去交度（月亮与黄白交点的度距）的修正值，用以判断日食发生与否以及食分大小的计算。对此，徐昂均提出了近似的、经验性的计算方法。由于加差仅是一项微小的订正，后世历法均略而不计，于是徐昂首创的时差、气差和刻差，被合称为日食三差法，成为后世历法遵循的经典方法。

第六讲 宋元明清的历法沿革

一、宋代的《应天历》、《纪元历》和《统天历》

五代时的历法，据记载，有后晋马重绩《调元历》，蜀《永昌历》和《正象历》，南唐《齐政历》，后周王处讷《明玄历》和王朴《钦天历》等。其中也有一些创新，如《调元历》不用上元积年，《钦天历》在实际观测基础上对五星动态表的改正等。有些历法还在一定时期内为后世所沿用。

宋初沿用后周的《钦天历》，此历原为王朴造于显德二年（955）。宋太祖建隆二年（961）因《钦天历》推验较疏，诏司天监王处讷等别造新历。王处讷曾任后周司天少监。他曾指出过《钦天历》的不足，并在 952 年左右编过一部《明玄历》。王处讷等受命后经三年而制成新历，太祖为之作序，赐名《应天历》，建隆四年颁用。参与编修《应天历》的有来自伊斯兰国家的天文学家马依泽。1968 年台湾罗香林教授在美国哥伦比亚大学东亚图书馆中发现了一套完整的《怀宁马氏宗谱》，其中《志尚公弁言》提到："吾族系出西域鲁穆。始祖讳系鲁穆文字，汉译马依泽公，遂以马授姓。宋太祖建极，初召修历，公精历学，建隆二年，应召入中国，修天文。越二年，成书，由王处讷上之。诏曰可。授公钦天监监正，袭侯爵。""鲁穆"，有些文献（如《明史·西域传》）亦作"鲁米"，关于其具体为何处，迄今尚无定论，可能原属东罗马帝国，现属叙利亚。由上述记载可见马依泽在撰修《应天历》过程中起了重要作用，因而得授监正之职并袭侯爵。经研究，《应天历》的历元，适逢甲子、金曜日和朔旦冬至，选在建隆三年前 4825558 年。《宋史·律历志》说它可"推定朔、弦、望日辰七直：……，日满七、六十去之，不满者，命从金星、甲子，算外，即得定朔、弦、望日辰星直也。"七直即七值或星值，是日月五星七曜值日之义，亦即推算星期序数。日满七去之，就是从总日数中去掉七的若干倍，可得到从金曜日起算的星期序数。由此可见应天历是引入七曜纪日法的，这种以金曜日为历元，采用星期制的方法与伊斯兰历相同，因此这部分内容很可能是马依泽参与制历所作的贡献，这项改革满足了日益增多的中国穆斯林的需要。

宋代民间研究历法十分活跃，如熙宁七年（1074）发现所用历法与天象不合，沈括就推荐了民间历法家卫朴编造新历。当时从宋仁宗天圣二年（1024）起行用的《崇天历》历气后天，而刚颁用了九年的《明天历》又历朔先天，于是，卫朴在《明天历》的基础上制成新历《奉元历》，于熙宁八年（1075）颁用。又如宋徽宗崇宁二年（1103）发现所使用的《观天历》气朔有错，遂改用姚舜辅的《占天历》。但历官们认为《占天历》为民间私家所造，未经考验，不可施行，于是姚舜辅在大量观测的基础上，于崇宁五年（1106）又制成《纪元历》并得以颁行。清代梅文鼎对《纪元历》有很高的评价，说"宋历莫善于纪元"。这部历法的回归年、朔望月及其他一些数据都相当准确。此外，姚舜辅还创造了确定太阳位置的新方法，即在天亮前或黄昏后用恒星作参照定出金星的位置，然后在既能看见金星又能看见太阳的时候定出金星与太阳的角距，从而求得太阳在恒星间的位置。他还创立了新的计算公式，以解决太阳的赤道经度与黄道经度的换算问题。

南宋初继续行用《纪元历》，后又曾用《统元历》、《乾道历》、《淳熙历》和《会元历》。南宋宁宗庆元五年（1199）行用杨忠辅编制的《统天历》，这是得到梅文鼎更高评价的一部历法，有宋历"尤莫善于统天"之说。《统天历》有很好的实测基础，节气、合朔、月亮过近地点与黄白交点的时刻等都定得比较准，并在实测的基础上确定出计算改正值的办法。《统天历》

的岁实（回归年长度）为 365.2425 日，比现行公历采用同一数值早了 384 年。此外，杨忠辅还发现回归年长度不是固定不变的，而是每年都有微小的变化，并提出斗分差的数值改正方法。这也是天文学史上的一个重要发现。《统天历》继唐曹士蒍《符天历》之后也不用上元积年。《统天历》的上元是虚设的，实际上废除了繁琐的上元积年计算，这也是中国历法史上的一个进步。

北宋存在 168 年，共颁行 10 部历法，南宋存在 152 年，共颁行 10 部历法，换历比较频繁，在一定程度上反映了当时天文历法研究的活跃。其中《应天历》、《纪元历》、《统天历》各有所长，反映了两宋行用历法的特点和主要成就。

二、元代的《授时历》

据《元史》记载，大都天文台上有郭守敬制作的仪器十三件。据说，为了对它们加以说明，郭守敬奏进仪表式样时，从上早朝讲起，直讲到下午，忽必烈一直仔细倾听而没有丝毫倦意。这个记载反映出郭守敬讲解生动，也反映出元世祖的重视和关心。接着郭守敬又举唐一行为编大衍历作全国天文测量为例，提出今为编授时历也应作此工作，他说“唐一行开元间令天下测量，书中见者凡十三处。今疆域比唐尤大”，应更多设观测点于“远方测验”（《元史·天文志·四海测验》）。

元代四海测验不少于二十七个观测点，至今犹存的观测站之一在古人认为是“地中”的阳城，此即今河南登封测景台（“景”字古代同“影”），又称元代观星台。登封测景台不只是一个观测站，同时也是一个固定的高表。表顶端就是高台上的横梁，距地面垂直距离四十尺。高台北面正南北横卧着石砌的圭，石圭俗称“量天尺”，长达一百二十尺。与通常使用的八尺高表比较，新的表高为原来表高的五倍，减小了测量的相对误差。郭守敬敢于在各观测站都使用四丈高表而不怕表高导致的端影模糊，是因为他配合使用了景符，通过景符上的小孔，将表顶端的像清晰地呈现在圭面上。明嘉靖七年（1528）陈宣所撰《周公祠堂记》有“观星台，甚高且宽，旧有挈壶漏刻以符日景，而求中之法尽矣。”以一台遗迹而想郭守敬当年四海测验之全貌，可知这次测量对授时历的编算贡献很大。据今人研究，仿郭守敬测量太阳高度的误差仅有 1/3 角分，这比其后三百年欧洲最精密的天文观测还要精确，它们为授时历提供了高精度的原始测量数据。

至元十三年（1276）元世祖诏命改治新历，经过许衡、王恂、郭守敬等人四年的努力，于至元十七年完成，元世祖赐名《授时历》。王恂是以算术闻名于当时的，元世祖命他负责治历。他谦称自己只知历数，可负责推算，但负责人要找一个深通历理的人，于是他推荐了许衡。许衡是当时大儒，于易学尤精，接受任命以后十分同意郭守敬“历之本在于测验”的看法，支持制造仪器进行实测。至元十八年（1281），《授时历》颁行天下，许衡于同年病卒，王恂已于前一年去世，这时有关授时历的计算方法、计算用表等尚未定稿，郭守敬又挑起整理著述最后定稿的重担，成为参与编历全过程的功臣。

《授时历》是中国古代创制的最精密的历法。据《元史·历志》载，郭守敬在授时历中考证了七项天文数据：

（1）至元十三年到至元十七年的冬至时刻。

（2）回归年长度及岁差常数。如关于回归年长度的确定，他收集了从大明六年（462）到至元十五年（1278）间八百一十九年的冬至时刻，又从中选出六个较准确的数据，求得一回归年长为 365.2425 日。此值与现行公历（格雷戈里历）值相同，但在时间上要早三百多年。

（3）冬至日太阳的位置。
（4）月亮过近地点的时刻。
（5）冬至前月亮过升交点的时刻。
（6）二十八宿的赤道坐标。
（7）元大都日出日没时刻及昼夜时间长短。

此外他又计算出五项新的数据：
（1）太阳在黄道上不均匀的运行速度。
（2）月亮在白道上不均匀的运行速度。
（3）由太阳的黄道积度计算太阳的赤道积度。
（4）由太阳的黄道积度计算太阳的去极度。
（5）白道与赤道交点的位置。

《授时历》采用的天文数据是相当精确的。如郭守敬等重新测定的黄赤大距（黄赤交角）为古度 23.9030 度，约折合今度 23°33′34〃，与理论推算值的误差仅为 1′36〃。法国著名数学家和天文学家拉普拉斯在论述黄赤交角逐渐变小的理论时，曾引用郭守敬的测定值，并给予其高度评价。

在数学方面，《授时历》的推算中使用了郭守敬创立的新数学方法。如“招差法”是利用累次积差求太阳、月亮运行速度的，这种计算方法原则上与 1670 年牛顿创立的内插法是一样的。又如“弧矢割圆法”是用来计算积度的（所谓积度可看成黄经或赤经的余弧），类似球面三角方法求弧长的算法。不仅如此，他废弃了用分数表示非整数的作法，而采用百进位制来表示小数部分，从而提高了数值计算的精度。他不再花费很大的力气去计算上元积年，直接采用至元十八年冬至为历法的历元，表现了开创新路的革新精神。
在恒星观测方面，郭守敬等不仅将二十八宿距星的观测精度提高到一个新的水平，而且对二十八宿中的杂坐诸星，以及前人未命名的无名星进行了一系列观测，并且编制了星表。如在《元史·历志·授时历议》中载有周天列宿度，是至元十七年到至元二十三年间二十八宿距星的距度测量值。据潘鼐在《中国恒星观测史》中的研究，元代二十八宿的测量误差很小，其中房、虚、室、娄、张五宿的测量误差小于 1′，大于 10′ 的仅胃宿一宿，实在是高水平的测量，也是元代天文仪器精密的客观记录。除《元史》中的二十八宿数据外，郭守敬还著有《新测二十八舍杂坐诸星入宿去极》一卷和《新测无名诸星》一卷，惜已失佚。清代梅文鼎说曾见过民间遗本，现在许多学者认为北京图书馆藏明钞本《天文汇钞》中的《三垣列舍入宿去极集》一卷，就是抄自郭守敬恒星图表的钞本，甚为珍贵。

三、明代的历法与《崇祯历书》

明皇朝建立以后，不仅仿效前代禁止民间学习和传授天文，更将其禁令扩展到整个天文学领域，尤其是禁止私习历法。研制新历，改革旧历，历来是推动中国古代天文学向前发展的一个动力，而全面禁学天文的做法，则断绝了天文人才的广大来源，毁弃了天文学发展的群众基础，从而导致中国天文学发展出现低谷。禁令发布以后，天文工作集中到司天监，但无研制历法任务，其日常工作就是按章编算每年的民用历书，监视天空有无入占的天象。这是一种维持性的常规工作，人们不敢冒着生命危险图求进取，所以官方天文工作也墨守陈规，毫无生气。

明代末期出现了天文学研究复兴之势，可惜积弊时久，难以振兴。就在这个时候，西方耶稣会传教士进入中国，给渴望天文新知识的中国天文工作者带来了欧洲天文学知识，开始了中国天文学发展的一个特殊阶段——汉化西方天文学时期，即在传统天文学框架内，搭入欧洲天文知识构件。

按照中国历代传统，改朝换代要改换新历。一部新的历法往往与一个新的政权有关，皇帝要通过天文家沟通天人相通之途，天文家则靠解释天象向皇帝传达“天意”。明初，朱元璋不希望民间还有人懂天文，因为他们可能成为敌对政治势力所需的人才。于是，对朱氏政权千秋万代不会改换的愿望，变成了对学习天文的厉禁。据明人沈德符《野获编》记载：“国初学天文有厉禁，习历者遣戍，造历者殊死。”甚至规定，钦天监人员终生不得再从事它职，其子孙也不得学与钦天监无关的知识，以接替世袭，否则也要遣戍。厉禁造成了严重的后果，特别是天文人才的匮乏。十五世纪末，历法常常与天象不合，禁令不得不稍有松动。当时官方希望征用通历法的人以备改历之用，然而竟无人应征。《野获编》说：“至孝宗，弛其禁，且命征山林隐逸能通历者以备其选，而卒无应者。”

朱元璋的做法压制了数学与天文学，但毕竟还有抗禁的呼声和行动，这一方面表现为呼吁改历，另一方面表现为努力保存天文资料，以免其湮灭。现存常熟的一幅石刻天文图就是明代的作品，原刻于弘治九年至十二年（1496—1499）。现存的常熟石刻星图碑刻于正德元年（1506），是前后两任县令杨子器和计宗道刻制的。这幅星图翻刻的是苏州石刻星图，杨子器有如下跋文：“此图宋人刻于苏州府学，年久磨灭，其中星位亦多缺乱，乃考甘石巫氏经而订正之，翻刻于此，以示后来庶几欲求其故者得观夫大概。”这段话表现出他担心天文失传的急迫心情，并希望为改变这种状况做些实事。

比常熟石刻星图更为精巧的是隆福寺藻井星图。隆福寺初建于明景泰四年（1453），其中万善正党殿为明代当时的建筑，此殿上方藻井的装饰，是一幅绘制有据的科学星图。从此殿建成到 1977 年拆除，隆福寺星图一直鲜为人知。这幅星图直径一米九八，绘有二百七十三个星官共一千四百三十二颗星。为什么在禁学天文如此严厉的情况下，竟有人敢在离皇宫不远的地方保存如此好的一幅星图？就保存资料而言，也许这样做更安全，另一方面星图也确实掩饰得很好。如深蓝色背景上的贴金星点在光亮处很显眼，但放在光线不强又正悬头顶较远的地方就很不容易看到了。由此可见，当时人们为了给后人留下天文测量的成果真是费尽心机，而其重见天日竟然经过了五百多年。
此外，万历二十三年（1595），郑王世子朱载堉自己编撰了一部新的历法，以《圣寿万年历》为名进献给皇帝。他因此而受到奖谕，得到“留心历学，博通今古”的赞语。这实际上等于宣布解除了禁习历法的禁令。但二百年的时间过去了，而明初开始实行的禁令对中国天文学的发展已经造成了不可弥补的损失。

1364 年朱元璋称吴王，吴元年（1367）十一月冬至，太史院使刘基等向吴王进献《大统历》。洪武元年（1368），改太史院为司天监，洪武三年又改司天监为钦天监，由钦天监编算每年使用的《大统历》。洪武十七年（1384），漏刻博士元统上书，说明《大统历》其实就是元代《授时历》，且“年远数盈，渐差天度，合修改”，“以成一代之制”（《明史》卷三一《历志一》）。但明太祖无意编制新历，只是擢元统为钦天监监令。元统仍以《授时历》为基础，略加修订，整理成《大统历法通轨》四卷，并将历元由元至元十八年（1281）改到洪武十七年。

此后，尽管多人多次上书请求改历都未获准，终明一代使用的都是《大统历》。

明初以来，据《大统历》推算所作的天象预报，就已多次不准。崇祯二年五月乙酉朔（1629年6月21日）日食，钦天监的预报又发生显著错误，而礼部侍郎徐光启依据欧洲天文学方法所作的预报却符合天象，因而崇祯帝对钦天监进行了严厉的批评。此后，管辖钦天监的礼部奏请开局改历，并得到朱由检的批准，从明初就一直未断的改历呼吁总算成为现实。同年七月，礼部决定在北京宣武门内首善书院开设历局，命徐光启督修历法。

徐光启深知，西方天文学的许多内容是中国"古所未闻"的，"惟西历有之。而舍此数法，则交食凌犯，终无密合之理"（《明史》卷三一《历志一》），所以改历"宜取其法，参互考订，使与大统法会同归一"（《明史》卷三一《历志一》）。于是，他制定了一个以西法为基础的改历方案。在他领导下，历局从翻译西方天文学资料起步，力图系统地和全面地引进西方天文学的成就，当时还聘用了意大利龙华民、罗雅各，瑞士邓玉函，德国汤若望等人，与历局的中国天文学家一道译书，编译或节译哥白尼、第谷、伽利略、开普勒等欧洲著名天文学家的著作。这是历局的中心工作。其结果是从崇祯二年到崇祯七年（1629—1634）历经六年，完成了卷帙浩繁的《崇祯历书》。徐光启于崇祯六年去世，经他定稿的有105卷，其余32卷最后审定人为李天经。此外，历局人员在制造观测仪器，天象推算和实际观测方面也做了不少工作。

《崇祯历书》是较全面介绍欧洲古典天文学的重要著作。全书共46种，137卷，分节次六目和基本五目。节次六目分别为日躔、恒星、月离、日月交合、五纬星和五星凌犯；基本五目分别为法原、法数、法算、法器和会通。其中以讲述天文学基础理论法原所占篇幅最大，有40卷之多，法数为天文用表，法算为天文学计算必备的数学知识，如三角学、几何学等，法器为天文仪器及其使用方法，会通为中西度量单位换算表。

《崇祯历书》采用的是丹麦天文学家第谷所创立的宇宙体系和几何学的计算方法。其中引入了明确的地球概念和地理经纬度概念，引入了球面天文学，以及视差、蒙气差等重要天文概念和相应的计算方法。它还采用了西方较精确的天文数据和通行的一些度量单位，如一周天分为360°，度以下用60进位制等。这部书也有不少错误和缺点，如第谷体系是对托勒密地心说和哥白尼日心说的折衷体系，在当时欧洲并不先进，其维护地静观，否认天体自转，以及对岁差现象的解释等，也都是错误的。

《崇祯历书》贯彻了徐光启以西法为基础的设想，基本上纳入了"熔彼方之材质，入大统之型模"（《徐光启集》卷八《历书总目表》，中华书局1963年版）的规范。尽管此书大量内容为西方体系，但最后仍落实到编历问题上，并未突破《大统历》的框架。实际上，所谓"入大统之型模"，就是以历法服务于皇家，将天文学研究仅仅局限于编修历法这项具体应用上，而难以使之真正成为探索天体运动、变化及其规律的科学。总的来说，《崇祯历书》是汉化西方天文学的产物。其中虽然有很多新天文学知识，但由于传授者的保留和扭曲，以及接受者的被动和因循，这些新知识在中国并没有产生像在西方那样的革命力量。但无论如何，《崇祯历书》的编成仍然是明代天文学发展所取得的伟大成就。
此外，《崇祯历书》内容的重大变化，也引起了保守派的攻击。他们以其"未入大统之型模"为借口，以不符合祖制为大棒，力阻《崇祯历书》的颁行，使得优柔寡断的崇祯皇帝始终拿不定主意。崇祯十六年（1643）八月，他终于下定颁发新历的决心，但这时明朝政权已面临崩溃边缘，再也无力顾及历法的事情了。入清后，汤若望将《崇祯历书》改订为100余卷，改称《西洋新法历书》，得以刊行。

四、清代《西洋新法历书》与《时宪历》的颁行

顺治元年（1644）七月，礼部左侍郎李明睿上书，提出“查得明朝旧制，历名大统，今宜另更新名。”显然依照历代改朝换代另立新历的惯例，清政府迫切需要一部新历。此前不久，原在明历局参与编纂《崇祯历书》的德国传教士汤若望曾仔细推算了当年八月的日食，并上书说：“臣于明崇祯二年来京，曾依西洋新法厘定旧历。今将新法所推本年八月初一日日食，京师及各省所见食限分秒并起复方位图象进呈，乞届期遣官测验。”汤若望的做法正好迎合了编制新历的需要。八月初一，清政府派大学士冯铨和汤若望共赴灵台验测，事后冯铨复奏：“用大统术、回回术所推，交食食刻均差，独按西洋新法所推一一吻合”，肯定了汤若望的预测结果，同时也肯定了西洋历法。此后，清廷谕示：“旧法岁久自差，非官生推算之误。新法既密合天行，监局宜学习勿怠玩”，并决定由汤若望主持，按西法推算编制新历。新历完成后，摄政王多尔衮奉旨批准将新历定名《时宪历》，颁行天下。同年十一月，汤若望被任命为钦天监监正，第一次由外国人执掌了钦天监。新法成为清政府的官方历法。

在随后的一两年里，汤若望将原有 137 卷的《崇祯历书》删改压缩成 103 卷，更名为《西洋新法历书》，进呈给清政府。他在上呈新法的奏文中说：“臣创立新法，规制仪象，以测诸曜视行”，“臣阅历寒暑，昼夜审视，著为新历百余卷”，而没有提及明末徐光启和历局中众人的工作。《西洋新法历书》是当时钦天监官生学习新法的基本著作和推算民用历书的理论依据。以《西洋新法历书》为基础，取天聪戊辰（清皇太极天聪二年，1628 年）为历元编制的《时宪历》，在清初除中间五年外，前后行用了八十余年。

罗马教廷和耶稣会派遣传教士来华的根本目的是要不断扩大天主教在中国的影响，以便获得政治上和经济上的利益。明末清初，天主教在华势力确实获得了迅速的发展，如据毕嘉统计，在 1651～1664 的 14 年间，新受洗入教者已超过十万人。但是，传教士和教徒们的一些言行触犯了封建统治者的尊严，天主教义也与中国传统的儒家思想不合，同时围绕历法改革的“新旧之争”也一直在继续进行，终于在清政府钦天监引发了一场激烈的斗争。顺治十七年（1660），安徽歙县人官生杨光先向礼部上《正国体呈》，说《时宪历》上有“依西洋新法”五字，是“窃正朔之权以予西洋”。只是当时汤若望受宠正深，礼部未予上报。康熙三年（1664）七月，杨光先在鳌拜、苏克萨哈支持下再向礼部呈递《请诛邪教状》，控告汤若望等传造妖书，窥视朝廷机密，内外勾结，教会二十年来收徒百万，布党京省要害之地，图谋不轨等。又附上《摘谬论》和《选择议》，指责号称万年历的历法只编了二百年和“选荣亲王葬期用洪范五行，山向、日月俱犯忌杀”。经清政府会审，结果汤若望与另外七名钦天监官员被判凌迟，五人被判斩首。后因北京接连五日发生地震，按例减刑，只有李祖白等五名钦天监官员处斩。清政府同时任命杨光先为钦天监监正。此后，汤若望于康熙五年（1666）去世，各省传教士被押往广州驱逐出境。

守旧势力的这一次胜利依靠的是政治，而不是天文学本身，并且也不能证明传统天文学优越于西洋新法。杨光先虽被任命为钦天监监正，但他实际上不懂天文学，“但知推步之理，不知推步之法”，在五次辞职未准，不得已就任后，只好废《时宪历》复用《大统历》。由于《大统历》已经过时，钦天监大统科的人员又未能积极配合，所以采用《大统历》的做法并不行得通，杨光先又不得不起用原回回科历官吴明烜，改用回历方法制历。回回科官员本来就“虚縻廪禄，毫无职司”，对中国民用历法所知甚少，回历本身也已过时，难以担此重任，因而随后几年间出了不少差错。康熙七年（1668）十一月，比利时传教士南怀仁上书指责杨光先、

吴明烜的历法不合天象，后经验证属实，于是又彻底废除了《大统历》、回回历法，重新起用《时宪历》。康熙八年，鳌拜伏诛，南怀仁再次上告，结果一翻前案，汤若望及被斩五人皆平反赐恤，杨光先则拟斩而因年老赦归。新法与守旧势力的这次较量以守旧势力的失败告终，此后南怀仁渐受宠用。